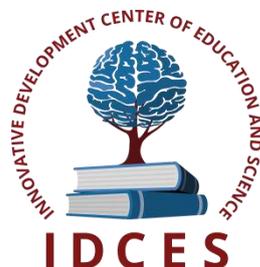


ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



Новые технологии и проблемы технических наук

Выпуск IV

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(11 ноября 2017 г.)**

г. Красноярск

2017 г.

УДК 62(06)
ББК 30я43

Новые технологии и проблемы технических наук. / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 4. г. **Красноярск**, 2017. 121 с.

Редакционная коллегия:

доктор технических наук, профессор Аракелян Э.К. (г. Москва), кандидат технических наук Белоусов М.В. (г. Екатеринбург), доктор физико-математических наук, профессор Будагян И.Ф. (г. Москва), доктор технических наук Бунаков П.Ю. (г. Коломна), кандидат технических наук Валеев А.Р. (г.Уфа), доктор технических наук, профессор Высоцкий Л. И. (г. Саратов), профессор, академик МАНЭБ, заслуженный ветеран СО РАН Галкин А. Ф. (г.Санкт-Петербург), кандидат технических наук, доцент Горюнова В.В. (г. Пенза), кандидат педагогических наук Давлеткиреева Л.З. (г. Магнитогорск), доцент доктор технических наук, профессор Дадашев М.Н. (г. Москва), доктор технических наук, профессор Денисов В.Н. (г. Санкт-Петербург), кандидат технических наук Егоров А. Б. (г. Харьков), доктор технических наук, профессор Жуманиязов М.Ж. (Узбекистан, г. Ургенч), доктор технических наук, профессор, заслуженный мелиоратор РФ Заднепровский Р.П. (г. Волгоград), кандидат технических наук Иванов В.И. (г.Москва), кандидат технических наук Ключева И.В. (г. Новосибирск), кандидат технических наук, доцент Корниенко В.Т. (г. Ростов-на-Дону), кандидат технических наук, профессор Куберский С.В. (Украина, г. Алчевск), доктор технических наук, доцент Курганова Ю. А. (г. Москва), кандидат физико-математических наук Лапушкин Г.И. (г. Москва), кандидат технических наук Мостовой А.С. (г. Энгельс), доктор технических наук, профессор Мухуров Н.И. (Белоруссия, г. Минск), кандидат технических наук, доцент Никулин В.В. (г.Саранск), кандидат технических наук, профессор Охрименко О.В. (г. Вологда-Молочное), доктор технических наук, профессор Пачурин Г. В. (г. Нижний Новгород), кандидат технических наук Полонский Я.А. (г. Волгоград), кандидат технических наук Решетняк С. Н. (г. Москва), инженер, аспирант Рычков Е.Н. (Франция, г.Пуатье), доктор химических наук Хентов В.Я. (г. Новочеркасск).

В сборнике научных трудов по итогам IV Международной научно-практической конференции **«Новые технологии и проблемы технических наук»**, г. **Красноярск**, представлены научные статьи, тезисы, сообщения студентов, аспирантов, соискателей учёных степеней, научных сотрудников, докторантов, специалистов практического звена Российской Федерации, а также коллег из стран ближнего и дальнего зарубежья.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных, не подлежащих открытой публикации. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов. Материалы размещены в сборнике в авторской правке.

Сборник включен в национальную информационно-аналитическую систему "Российский индекс научного цитирования" (РИНЦ).

© ИЦРОН, 2017г.
© Коллектив авторов

Оглавление

СЕКЦИЯ №1. ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)	7
СЕКЦИЯ №2. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)	7
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ ПРОВЕДЕНИЮ КЛИНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ Коновалов А.А., Чискидов С.В.	7
СЕКЦИЯ №3. ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)	10
СЕКЦИЯ №4. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)	10
УПРАВЛЕНИЕ УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ДЕТАЛИ МАЛОЙ ЖЁСТКОСТИ ПОСРЕДСТВОМ ПРЕДНАМЕРЕННОГО РАЦИОНАЛЬНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПРИПУСКА НА ОБРАБОТКУ Васильевых С.Л., Буравлев В.Ф., Епифанов В.Н., Исупов С.А.	10
ЭКОНОМИКА И МАШИНОСТРОЕНИЕ Прохоров В.Г., Испирян Н.В., Испирян С.Р., Рогозин Г.И.	14
СЕКЦИЯ №5. ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)	18
КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЛЮЕНТА – ПРОДУКТА БИОГАЗОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ Друзьянова В.П., Кондакова Н.И., Герасимов Д.А.	18
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПУСКОВОГО РЕЖИМА ВОДОРОД-КИСЛОРОДНОГО ПАРОГЕНЕРАТОРА Егоров А.Н.	21
ПОЛЕЗНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ КОНДЕНСАТА РЕЦИРКУЛЯЦИИ ПУТЕМ ВВОДА ЕГО ПОД ВСТРОЕННЫЙ ТРУБНЫЙ ПУЧОК КОНДЕНСАТОРА Иглин П.В., Шемпелев А.Г., Крупин Д.Ф.	24
СИСТЕМА ТЕЛЕМЕХАНИКИ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ Рябова Ю.С., Кононец В.В., Шалева М.А.	27
СЕКЦИЯ №6. ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)	29
СЕКЦИЯ №7. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)	30
ОСНОВНЫЕ АЛГОРИТМЫ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЯ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ Агибалова А.И., Шакитько Т.Ю., Шаповалова А.А.	30
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДУГОВОГО ГЛУБИННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ШЛАКА ОТ ПРОИЗВОДСТВА СИЛИКОМАРГАНЦА Куберский С.В., Проценко М.Ю., Проценко В.И.	32

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРШНЕВОГО ЗАЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА Прудников А.Н., Прудников В.А.	41
СЕКЦИЯ №8. ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00).....	44
СЕКЦИЯ №9. АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10).....	44
СЕКЦИЯ №10. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00).....	44
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ 25-ЭТАЖНОГО ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ САПР ПК МОНОМАХ Авдонин В.В., Гунин Р.В., Юркин Ю.В., Буравлев В.Ф., Исупов С.А.	44
АРХИТЕКТУРНАЯ КОЛОРИСТИКА В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Гончарова Т. В., Лапунова К. А.	48
АНАЛИЗ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЧАСТНЫХ И МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ Ермоленко А.Н., Е.В. Ирманова.....	50
ОПТИМИЗАЦИЯ СЕЧЕНИЙ АРМИРОВАННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КЛЕЕНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ Жилин Е.В., Буравлев В.Ф., Исупов С.А., Епифанов В.Н., Васильевых С.Л.	53
ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИЙ ИЗ СОСТАВНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С СОЕДИНЕНИЯМИ НА НАГЕЛЬНЫХ КОННЕКТОРАХ С ЖЕСТКИМИ УЗЛОВЫМИ СОПРЯЖЕНИЯМИ Исупов С.А., Васильевых С.Л., Буравлев В.Ф., Багаев В.Н., Юркин Ю.В.	56
ТИПОЛОГИЯ ЛУЧКОВЫХ СВОДОВ УСТРОЕННЫХ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ БАЛКАМ Попов А.О., Антипина В.В.	59
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИН В КИРПИЧНЫХ СТЕНАХ Юркин Ю.В., Авдонин В.В., Синицына О.В., Васильевых С.Л., Исупов С.А.	62
СЕКЦИЯ №11. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)	66
КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ КАЛЬЦИЙ-, КАЛИЙСОДЕРЖАЩЕГО ЭЛЕКТРОЛИТА АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА Якимов И.С., Дубинин П.С, Безрукова О.Е., Андриющенко Е.С., Арнаутова Е.А., Груздев А.В.....	66
СЕКЦИЯ №12. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00).....	70
СЕКЦИЯ №13. ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00).....	70

СЕКЦИЯ №14.	
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)	70
ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ УСТРОЙСТВА НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ С МАЛОАПЕРТУРНЫМИ ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ	
Кравец Е.В., Пресленев Л.Н.	70
АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ И МЕТОДИК ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ И ОБРАБОТКИ РЕЧИ В ПАКЕТНЫХ СЕТЯХ	
Самойлов В.Е.	73
О ПРОБЛЕМЕ ИЗУЧЕНИЯ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ЖЕЛЕЗИСТЫХ ПРИМЕСЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД	
Сандуляк А.А., Киселев Д.О., Полисмакова М.Н., Сандуляк Д.А., Сандуляк А.В.	77
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ УПРУГОСТИ КОЖНОГО ПОКРОВА	
Семенова Е.П.	86
СЕКЦИЯ №15.	
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)	88
МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ СЕПАРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ЦЕМЕНТНОЙ МЕЛЬНИЦЫ	
Бобров М.А., Тутаев Г.М., Гераськин Е.В.	88
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ЧАСТОТЫ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА	
Бутакон В.М., Гаязов Р.Р., Уржумцев П.С.	93
СЕКЦИЯ №16.	
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)	97
ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РЕЗЕРВУАРАХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ МАЗУТА НА КОТЕЛЬНОЙ	
Верещагин Д.В., Макарова Л.Г., Ширококов С.В.	97
СЕКЦИЯ №17.	
ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)	100
АВТОМАТИЗАЦИЯ ВАЛКОВЫХ ЛИСТОГИБОЧНЫХ МАШИН С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОМПЕНСАЦИИ ПРУЖИНЕНИЯ МАТЕРИАЛА	
Коновалова О.М., Колчина Н.А.	100
СЕКЦИЯ №18.	
ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)	102
СЕКЦИЯ №19.	
НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)	102
ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУР	
Рахматуллин Б. А.	102
СЕКЦИЯ №20.	
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)	105

ФОРМИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ КУРСОВ Давлеткиреева Л.З., Захарова Т.С., Макашова В.Н.....	105
ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЕ «МОНТАЖ, НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ» ПРИ ПОМОЩИ ВИРТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СРЕДЫ «MOODLE» Чебодаев А.В., Игнатъева Н.Е.	110
DISTANCE LEARNING ON THE SUBJECT " INSTALLATION, COMMISSIONING AND OPERATION OF ELECTRICAL EQUIPMENT" USING THE VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENT "MOODLE" Chebodaev A.V., Ignateva N.E.	110
СЕКЦИЯ №21.	
МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08)	114
ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РЕШЕНИЯ МНОГОУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ КОНТЕЙНЕРОВОЗА Артюшина Т.Г.....	114
ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2017 ГОД	119

СЕКЦИЯ №1.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)

СЕКЦИЯ №2.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ ПРОВЕДЕНИЮ КЛИНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Коновалов А.А., Чискидов С.В.

ГАОУ ВО Московский городской педагогический университет, г. Москва

Аннотация: обоснована актуальность и сформулированы основные проблемы обучения медицинских работников проведению клинических исследований. Разработана функциональная модель деятельности сотрудников медицинского учреждения по организации и проведению обучения персонала на этапе клинических исследований. Сформулированы требования к разрабатываемой информационной системе обучения.

Ключевые слова: функциональная модель, бизнес-процесс, информационная система, клинические исследования, база данных.

Среди всего комплекса задач по автоматизации обучения медицинского персонала, особо остро обстоит задача подготовки работников медицинских учреждений порядку проведения клинических исследований.

Актуальность проблемы обусловлена тем, что в настоящий момент задача комплексной автоматизации обучения медицинского персонала проведению клинических исследований до сих пор не имеет решения [1]. Медицинский персонал проходит лишь базовые курсы по стандарту «Good Clinical Practice» (GCP), и имеет лишь поверхностное представление о ведении специфической документации клинических исследований, а также особенностям взаимодействия с пациентами. Это часто приводит к порче документации, срыве сроков и значительным денежным потерям у заказчика клинических исследований [2]. Разработка информационной системы позволит повысить эффективность работы медицинского персонала, участвующего в клинических исследованиях, что позволит значительно снизить затраты на осуществление этого вида деятельности, а также подготовку консолидированной отчетности [3].

Целью работы является разработка информационной системы (ИС), автоматизирующей процесс обучения медицинских работников порядку проведения клинических исследований.

Для достижения поставленной цели были проанализированы процессы, связанные с обучением медицинского персонала порядку проведения клинических исследований. Анализ процессов был выполнен в среде инструментального средства CA ERWin Process Modeler в нотациях IDEF0 и IDEF3 [4]. На рисунке 1 представлена контекстная диаграмма верхнего уровня.

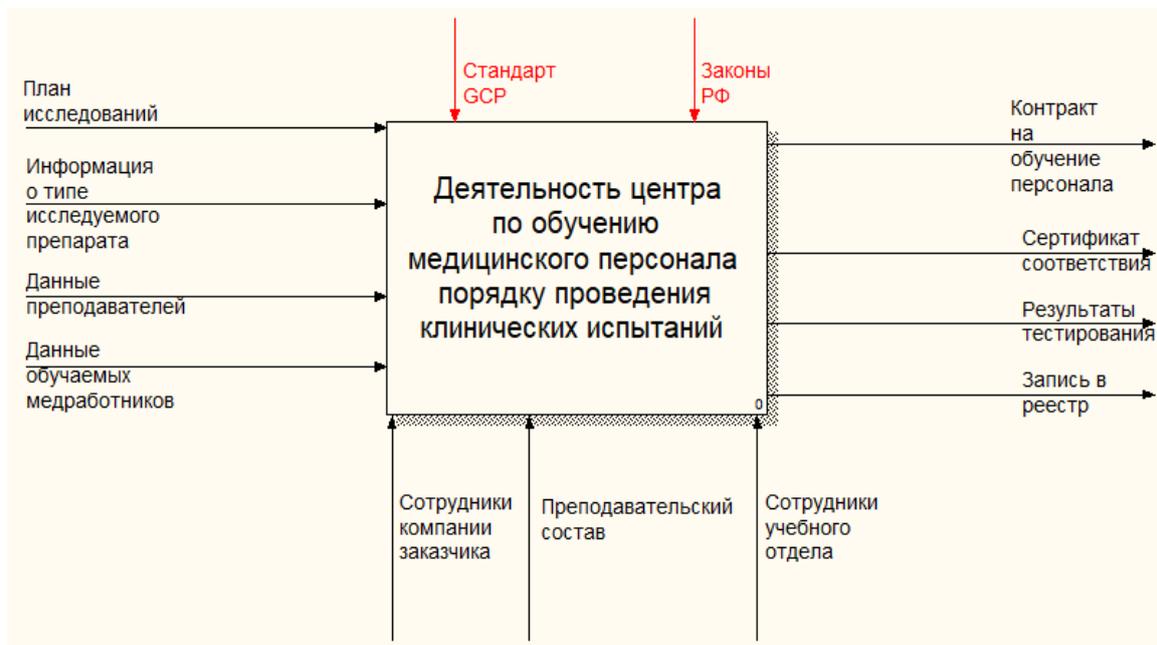


Рис. 1. Контекстная диаграмма верхнего уровня

Входными интерфейсными дугами являются: план исследований, информация о типе исследуемого препарата, данные преподавателей, данные обучаемых медработников.

Выходными интерфейсными дугами являются: контракт на обучение персонала, результаты тестирования, сертификат соответствия, запись в реестр.

Управляющими интерфейсными дугами являются: стандарт GCP, Законы РФ.

Механизмами реализации являются: сотрудники компании заказчика, преподавательский состав, сотрудники учебного отдела.

Далее была проведена декомпозиция центрального функционального блока. Разработанная в результате диаграмма декомпозиции уровня А0 представлена на рисунке 2.

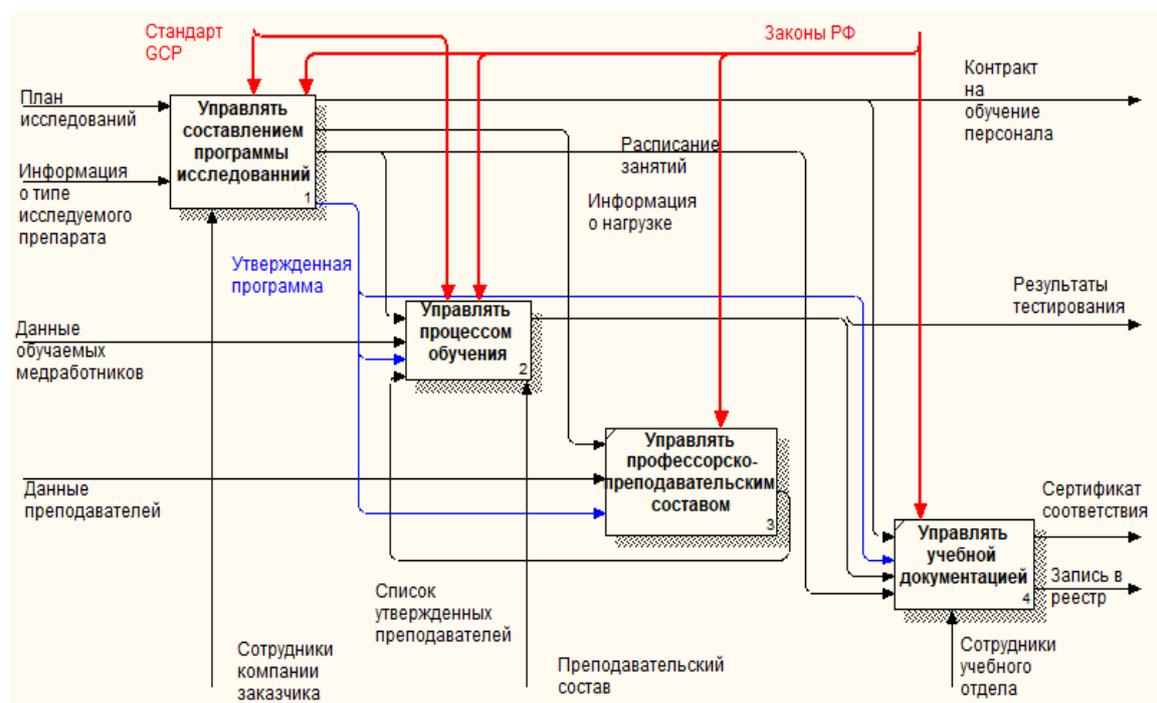


Рис. 2. Диаграмма декомпозиции уровня А0

В процессе исследования были выявлены следующие бизнес – процессы: управлять составлением программы исследований, управлять процессом обучения, управлять профессорско-преподавательским составом, управлять учебной документацией.

В центр обучения поступает документация о новом препарате и план на его исследования. На основе этих данных утверждается программа обучения, а также производится подбор преподавательского состава. Учебный отдел следит за выполнением плана занятий, а также ведет сопутствующую учебную документацию. После окончания обучения, всем обучающимся выдается сертификат соответствия на основе результатов итогового тестирования.

Рассмотрим декомпозицию функционального блока «Управлять процессом обучения», выполненную в нотации IDEF3. Она представлена на рисунке 3.

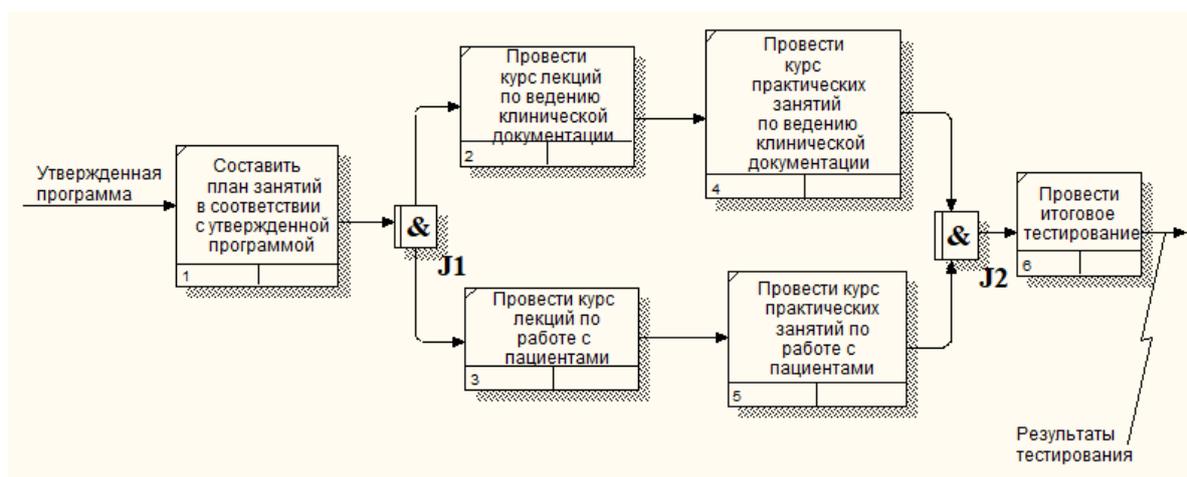


Рис 3. Диаграмма декомпозиции блока «Управлять процессом обучения»

На базе утвержденной программы составляется план занятий, затем проводятся курсы лекций по ведению клинической документации и работе с пациентами. Курсы этих лекций не обязательно должны начинаться одновременно. Далее проводятся курсы практических занятий по ведению клинической документации и работе с пациентами, по окончании которых проводится итоговое тестирование. На основе итогового тестирования формируются результаты тестирования, используемые в дальнейшем для принятия решения о выдаче сертификата соответствия слушателям курсов.

На основе выполненного анализа бизнес-процессов были сформулированы функциональные требования к разрабатываемой ИС: хранение в единой базе всей информации об обучающихся, профессорско-преподавательском составе, программе обучения, специфике исследуемого препарата; автоматизация документооборота, связанного с обучением медицинских работников порядку проведения клинических исследований; подготовка макетов печатных форм, а также формирование консолидированной отчетности.

Руководствуясь данными требованиям планируется спроектировать и разработать информационную систему, автоматизирующую процесс обучения медицинских работников порядку проведения клинических исследований.

Список литературы

1. Prokhorov E.I., Ponomareva L.A., Permyakov E.A., Kumskov M.I. Fuzzy classification and fast rules for refusal in the QSAR problem / Pattern Recognition and Image Analysis (Advances in Mathematical Theory and Applications). 2011. - Т. 21. № 3. С. 542-544.
2. Капралов И.А., Коданев В.Л., Павличева Е.Н. Разработка системы автоматизированного формирования рейтинга профессорско-преподавательского состава вуза / Информационные ресурсы России. 2014. № 2 (138). С. 35-37.
3. Лукова О.Н. Анализ качества стохастической цифровой передачи речевой информации (методика и ее использование при разработке информационных систем) / автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Москва, 1994.

4. Федин Ф.О., Морозова Т.В., Павличева Е.Н. Модель информационно-аналитической системы обработки данных малых инновационных предприятий при высших учебных заведениях / Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования. 2015. № 1 (31). С. 20-25.

СЕКЦИЯ №3. ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)

СЕКЦИЯ №4. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)

УПРАВЛЕНИЕ УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ДЕТАЛИ МАЛОЙ ЖЁСТКОСТИ ПОСРЕДСТВОМ ПРЕДНАМЕРЕННОГО РАЦИОНАЛЬНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПРИПУСКА НА ОБРАБОТКУ

Васильевых С.Л., Буравлев В.Ф., Епифанов В.Н., Исупов С.А.

Вятский государственный университет, РФ, г. Киров

При исследовании технологии обработки деталей с преднамеренным смещением системы СПИЗ возникают следующие вопросы:

1. Когда применять посредством регулируемого заднего центра преднамеренное смещение – при черновой или чистовой обработке.

2. Будет ли достигнута заданная точность профиля продольного сечения детали при заданных условиях обработки (параметрах обрабатываемых деталей, режимах резания, погрешностях формы заготовки и т.д.) при выбранной технологии преднамеренного смещения. Или, наоборот, какие режимы резания можно применить с целью наиболее полного использования технологических возможностей станка для получения заданной точности обработки детали при заданных условиях обработки при выбранной технологии преднамеренного смещения.

Рассмотрим два варианта технологии преднамеренного смещения.

Вариант 1. Преднамеренное смещение осуществляется при черновом и чистовом проходах.

В этом случае после чернового прохода в результате преднамеренного смещения задней опоры, в результате равенства диаметров в середине и по концам детали $d_0 = d_{0,5}$ на величину $Y_{см}^{(1)}$ (рис. 1а),

равную удвоенной деформации детали в среднем сечении ($2Y_1$), на обрабатываемом участке образуется

отклонение профиля детали в продольном сечении от цилиндричности (Δ_1^c), обусловленное упругой деформацией детали под действием усилия резания, меньшее как показали экспериментальные

исследования в 8 раз соответствующего отклонения профиля (Δ_1^0), которое образуется на указанном участке при обработке без смещения. В данном случае припуск на чистовую обработку характеризуется неравномерностью в виде бочкообразности. В данном случае рассматривается обработка деталей малой жесткости за две установки с переворотом детали после её обработки до половины, т.е. длина обрабатываемого участка принята равной половине длины детали.

Если пренебречь этой неравномерностью припуска, то после чистового прохода с преднамеренным смещением задней опоры с учетом соотношения $d_0 = d_{0,5}$ на величину $Y_{см}^{(2)}$ (рис. 2б), равную

удвоенной упругой деформации детали в среднем сечении ($2Y_2$), на обрабатываемой половине детали

образуется отклонение профиля $\Delta_{Ц 2}$ меньшее в 8 раз соответствующего отклонения профиля (Δ_2^0),

которое образуется в результате чистового прохода без смещения системы.

Рассмотрим как влияет на точность обработки неравномерность припуска. Итак, после чернового прохода имеем неравномерность припуска $\Delta t = \Delta c$. Эта неравномерность припуска обуславливает увеличение глубины резания при чистовом проходе в сечении 0,25:

$$t_{025} = t_2 + \Delta_1^c \equiv t_2 + \frac{1}{8}Y_1, \quad (1)$$

где t_2 – заданная глубина резания при чистовом проходе; Y_1 – упругая деформация обрабатываемой детали (в среднем сечении) при черновом проходе.

Изменение глубины резания приводит почти к прямо пропорциональному изменению силы резания и, как следствие, к деформации детали под действием усилия резания, т.е. можно записать следующее равенство:

$$\frac{\Delta_{\delta 2}^c}{\Delta_{\Pi 2}^c} = \frac{t_2 + \frac{1}{8}Y_1}{\Delta_{\Pi 2}^c} \quad \text{или} \quad \Delta_{\delta 2}^c = \Delta_{\Pi 2}^c \left(1 + \frac{Y_1}{8t_2} \right),$$

где $\Delta_{\Pi 2}^c$; $\Delta_{\delta 2}^c$ – отклонения профиля продольного сечения детали, которые образуются в случае равномерного и неравномерного (бочкообразного) припусков на обработку соответственно.

Учитывая $\Delta_{\Pi 2}^c = \frac{Y_2}{8}$, получим:

$$\Delta_{\delta 2}^c = \frac{Y_2}{8} \left(1 + \frac{Y_1}{8t_2} \right).$$

Следовательно, погрешность формы детали в продольном сечении, отнесенная к диаметру, в этом случае может быть определена по формуле

$$\Delta d_2^c = \frac{Y_2}{4} + \frac{Y_1 \cdot Y_2}{32t_2} \quad (Y_2 \equiv \Delta_2^0, Y_1 \equiv \Delta_1^0), \quad (2)$$

где Y_1 ; Y_2 – упругая деформация детали в случае равномерного припуска на обработку при черновом и чистовом проходах соответственно.

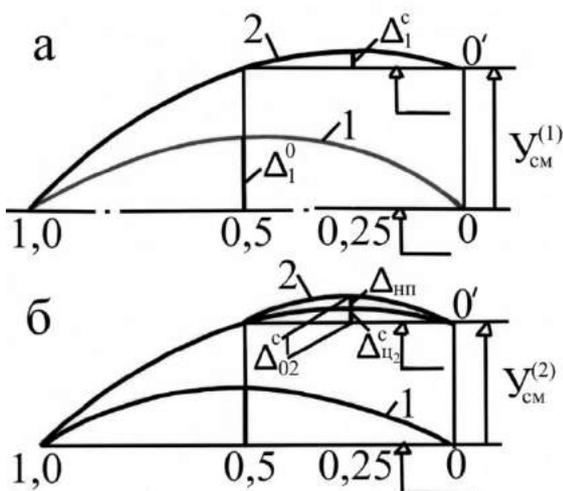


Рис. 1 Образование отклонения профиля продольного сечения детали при обработке по первому технологическому варианту преднамеренного смещения: а - черновой проход; б - чистовой проход; 1 – обработка без смещения; 2 – с преднамеренным смещением)

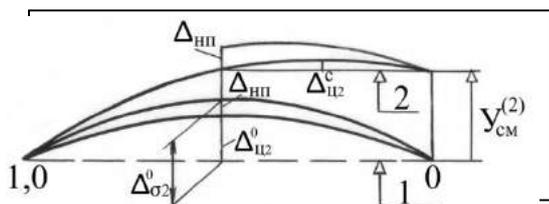


Рис. 2. Образование отклонения профиля продольного сечения детали при обработке по второму технологическому варианту преднамеренного смещения (1 – обработка без смещения; 2 – с преднамеренным смещением)

предварительным черновым проходом: $\Delta_{\delta 2}^0 = \Delta_{\text{Ц}2}^0 + \Delta_{\text{нп}}$.

Вторую составляющую отклонения профиля, обусловленную неравномерностью припуска, можно выразить следующим образом: $\Delta_{\text{нп}} = \Delta_1^0 \cdot \delta$,

где Δ_1^0 – отклонение профиля продольного сечения детали, образующееся в результате чернового прохода;

δ – коэффициент копирования погрешности при чистовом проходе.

Если же перед чистовым проходом преднамеренно сместить заднюю опору на величину $y_{\text{см}}^{(2)} = 2y_2 \equiv 2\Delta_2^0$, то при этом уменьшится в 8 раз отклонение профиля продольного сечения детали, которое могло бы образоваться при выполнении чистового прохода без преднамеренного смещения

В этой формуле второй член выражает погрешность формы детали в продольном сечении, обусловленную неравномерностью припуска на обработку.

Чтобы иметь наглядное представление о величине рассматриваемой погрешности, образующейся при использовании описанного варианта технологии преднамеренного смещения, рассмотрим пример.

Пусть упругая деформация обрабатываемой детали под действием усилия резания при черновом и чистовом проходах при обработке без смещения равна соответственно $y_1 = 120$ мкм, $y_2 = 60$ мкм, глубина резания при чистовом проходе $t_2 = 0,2$ мм. Подставив эти значения в формулу (2), получим:

$$\Delta d_2^c = \frac{60}{4} + \frac{60 \cdot 120}{32 \cdot 200} = 16 \text{ мкм.}$$

Следует обратить внимание на составляющую погрешности, обусловленную неравномерностью припуска на чистовую обработку, которой в данном случае в виду малости можно пренебречь.

Вариант 2. Преднамеренное смещение осуществляется только при чистовом проходе.

После чернового прохода, осуществляемого без смещения, в результате упругой деформации под действием усилия резания образуется бочкообразное отклонение профиля продольного сечения (Δ_1^0) (см. рис. 2).

Если чистовой проход выполнять также без преднамеренного смещения (рис. 2), то образующееся отклонение профиля ($\Delta_{\delta 2}^0$) будет геометрически складываться из отклонения профиля ($\Delta_{\text{Ц}2}^0$), обусловленного упругой деформацией обрабатываемой детали при съеме равномерной части припуска под чистовой проход, и отклонения профиля ($\Delta_{\text{нп}}$) от неравномерности припуска, обусловленной

(в случае равномерного припуска на обработку) $\Delta_{Ц2}^c = \Delta_{Ц2}^0 / 8$. Но при этом, как и прежде, остается составляющая ($\Delta_{нп}$), обусловленная неравномерностью припуска, которая складывается геометрически с составляющей ($\Delta_{Ц2}^c$).

Как видно из рис. 2, суммарное отклонение профиля продольного сечения в середине детали будет определяться составляющей ($\Delta_{нп}$), обусловленной неравномерностью припуска. Следовательно, для компенсации и этой погрешности при чистовом проходе (за счет преднамеренного смещения задней опоры) величина смещения должна быть равна алгебраической сумме

$$\Delta d_2^c = \frac{Y_2}{4} + \frac{Y_1 \cdot Y_2}{32t_2} \quad (Y_2 \equiv \Delta_2^0, Y_1 \equiv \Delta_1^0), \quad (3)$$

Выразим составляющую отклонения профиля, обуславливаемую неравномерностью припуска на обработку, через известные параметры.

В результате образования после чернового прохода (выполненного без смещения) бочкообразной неравномерности припуска при последующем чистовом проходе глубина резания будет изменяться, увеличиваясь к середине детали. Это приводит практически к прямо пропорциональному изменению упругой деформации обрабатываемой детали:

$$\frac{\Delta_{\delta 2}^0}{\Delta_{Ц2}^0} = \frac{t_2 + \Delta_1^0}{t_2},$$

откуда находим

$$\Delta_{\delta 2}^0 = \Delta_{Ц2}^0 + \frac{\Delta_1^0 \cdot \Delta_{Ц2}^0}{t_2} \equiv Y_2 + \frac{\Delta_1^0 \cdot Y_2}{t_2} \quad (\Delta_1^0 \equiv Y_1)$$

Второе слагаемое в этом выражении характеризует отклонение профиля продольного сечения детали, обусловленного неравномерностью припуска на обработку:

$$\Delta_{нп} = \Delta_1^0 \frac{Y_2}{t_2} \quad (\Delta_2^0 \equiv Y_1). \quad (4)$$

Учитывая, что $\Delta_{нп} = \Delta_1^0 \cdot \delta$, коэффициент копирования неравномерности припуска можно выразить отношением упругой деформации обрабатываемой детали к заданной глубине резания:

$$\delta = \frac{Y_2}{t_2}. \quad (5)$$

Погрешность формы детали в продольном сечении Δd_2^0 , образующуюся при чистовом проходе без преднамеренного смещения, можно выразить в виде

$$\Delta d_2^0 = 2Y_2 \left(1 + \frac{Y_1}{t_2} \right). \quad (6)$$

Подставив в формулу (3) значение $\Delta_{нп}$ из формулы (4), получим для определения величины преднамеренного смещения задней опоры, необходимой для компенсации погрешности формы детали в продольном сечении, обуславливаемой действием силы резания, при наличии неравномерности припуска на обработку в виде бочкообразности следующее выражение:

$$Y_{\text{см}}^{(2)} = 2Y_2 \left(1 + \frac{Y_1}{t_2} \right). \quad (7)$$

Таким образом, если перед чистовым проходом преднамеренно сместить заднюю опору обрабатываемой детали на величину $Y_{\text{см}}^{(2)}$, определенную по формуле (7), то рассматриваемая погрешность уменьшится в 8 раз по сравнению с обработкой без смещения. Учитывая (6), получим следующее выражение для погрешности формы детали в продольном сечении при данном варианте преднамеренного смещения:

$$\Delta d_2^c = \frac{Y_2}{4} \left(1 + \frac{Y_1}{t_2} \right). \quad (8)$$

Для рассматриваемого примера в этом случае получим значение погрешности формы детали в продольном сечении, образующейся в результате чистового прохода:

$$\Delta d_2^c = \frac{60}{4} \left(1 + \frac{120}{200} \right) = 15 + 9 = 24 \text{ мкм.}$$

Как видно из примера, в этом случае составляющая погрешности, обусловленная неравномерностью припуска на чистовую обработку, образующаяся в результате черного прохода, выполняемого без преднамеренного смещения, представляет уже величину, соизмеримую с погрешностью, обусловленной деформацией детали (имеющей равномерный припуск на обработку) при чистовом проходе, и суммарная погрешность в 1,5 раза превышает погрешность обработки, образующуюся при выше рассмотренном варианте при тех же условиях обработки.

Список литературы

1. Васильевых С.Л. Исследование макро и микро формообразования деталей малой жесткости в области обработки, распространяющейся за предел упругости материала / С.Л. Васильевых, Л.А. Васильевых // Системные технологии. – Днепропетровск, 2009. – 350 с.
2. Соколовский В.В. Теория пластичности. – Москва: Высшая школа, 1969. – 608 с.
3. Тимошенко С.П., Дж. Гурьер. Теория упругости. – Москва: Наука, 1979. – 560 с.

ЭКОНОМИКА И МАШИНОСТРОЕНИЕ

Прохоров В.Г., Испирян Н.В., Испирян С.Р., Рогозин Г.И.

Тверской государственной технической университет

В статье показано, что наработки по созданию и выбору модели производственной функции ведут к признанию модели развития экономики производства, отражающей взаимосвязь между основными параметрами производственного процесса в течении его жизненного цикла. В качестве целевой функции модели развития рассматривается производительность общественного труда. На основе выбранной модели даётся подход к оценке рентабельности капиталовложений, продукции и других составляющих состояния и развития производства в условиях его конкурентоспособности. Предлагается методический подход к определению требований к производительности технологического оборудования.

Ключевые слова: экономическое развитие, модель, производительность общественного труда, конкурентоспособность, окупаемость, производительность технологического оборудования, требования.

Постановка вопроса. Вложения капитала в производство, и в частности, в машиностроение, обусловлены основным экономическим законом развития общества любой формации. Он состоит в удовлетворении постоянно возрастающих потребностей общества, определяющих спрос предложение на материальные и духовные блага. Исследователи макроэкономических явлений представляют процесс экономического

развития общества графически в виде потока волн, нарастающих в координатах совокупного материального продукта и времени, и наклонной прямой, аппроксимирующей рост ВВП (рис.1). На рисунке выделена кривая, огибающая волны экономических подъёмов и спадов, образующих череду циклов. Началом теории экономических циклов является концепция экономического развития наиболее конкурентоспособных субъектов, образующих зоны, названные макрогенерациями [2]. Очевидно, такие субъекты характеризуются, каждый в своё время, самым высоким уровнем развития производительных сил, и прежде всего, технологий.

Тогда, развитие машиностроения, на котором базируются все отрасли экономики, также подчинено тенденции неуклонного роста и имеет волнообразный характер развития [1, 3]. Задача состоит в необходимости обеспечивать каждую новую волну подъёма на требуемую высоту, а также, в компенсации впадин между смежными волнами. Области впадин соответствуют экономическим кризисам. Причин, ведущих к кризисам, много. В том числе, называется задержка технической революции. Однако, техническое отставание может быть и результатом игнорирования основного экономического закона, когда производство товарной продукции заметно уступает «производству» денег. Поэтому сегодня остро поднимается вопрос подъёма материального производства, и в первую очередь, машиностроительного. Соответственно этой задаче, обостряется вопрос научного прогнозирования целесообразности объёмов капиталовложений и новых требований к технологическому оборудованию.

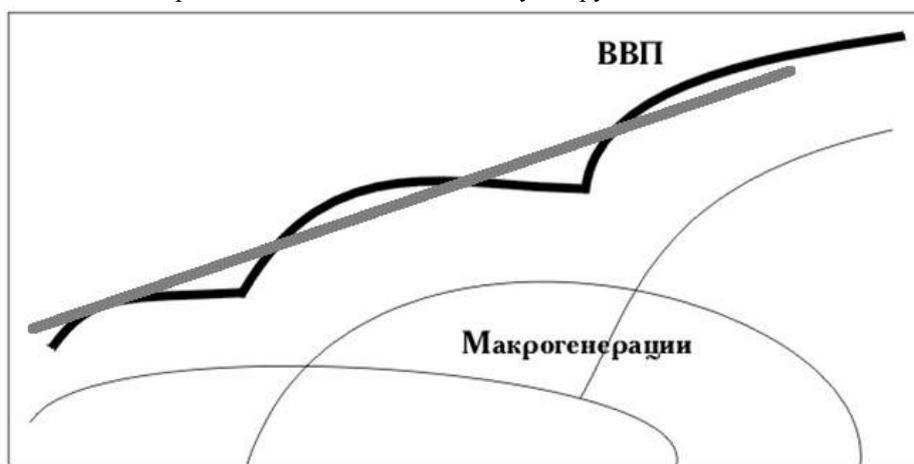


Рисунок 1 Рост ВВП во времени

Объективный подход к оценке капиталовложений и новой техники состоит в разработке или выборе и развитии математической модели, отвечающей действующей экономической системе. Анализ эффективности капиталовложений в экономической теории был и остаётся актуальным. Соответственно, и вопросы машиностроения, направленные на обеспечение эффективности капиталовложений, относятся к вопросам, востребованным объективной реальностью.

Общепризнанным является анализ полезности капиталовложений в связке с трудовыми затратами. Поэтому, ещё во времена конкурирования советской и американской экономик, обе стороны, используя статистические данные, разработали математические модели производственной функции объёма продукции по двум параметрам: капитал и живой труд. Но эти модели не содержат временной зависимости, это статические модели, тогда как производственный процесс характеризуется длительным использованием средств производства и живого труда, которые изменяются во времени.

Из числа критериев, по которым проводится оценка экономического роста, выделяются доход, прибыль, эффективность капиталовложений, производительность труда и др.

Оценивая состояние экономики, уровень материального благосостояния народа, лидеры страны традиционно и с полным основанием указывают на необходимость увеличения именно производительности труда, как основного источника подъёма ВВП.

Теория производительности машин и труда, и не только живого, но общественного труда, в том изложении, которое было предложено кафедрой станков и автоматов МВТУ им. Н.Э.Баумана в середине прошлого столетия [3], и сегодня является ключом к решению теоретических и практических вопросов, возникающих при разработке и использовании моделей производственной функции. Разработанная кафедрой теория производительности машин и труда, на реальных примерах показала, что путь простого наращивания объёмов производства, на застывших в своём развитии технологиях, или, наоборот, на весьма

капиталоёмкой технике, но не соответствующей ей производительностью, является ошибочным. И жизнь подтвердила застойный характер этих решений. Именно производительность общественного труда (Π), в качестве целевой функции, обеспечивает такое сочетание производительности технологического оборудования в виде годового объёма (Q) товарной продукции, с единовременными затратами (K) на технику и суммой текущих затрат овеществлённого и живого труда ($T_e + T_{ж}$), которое точно соответствует производственной функции в течении срока службы технологического оборудования (N). Её аналитическое выражение имеет вид: $\Pi = Q * N / (K + N * (T_e + T_{ж}))$. Числитель содержит наработку объёма товарной продукции в денежном выражении на рассматриваемый (N)

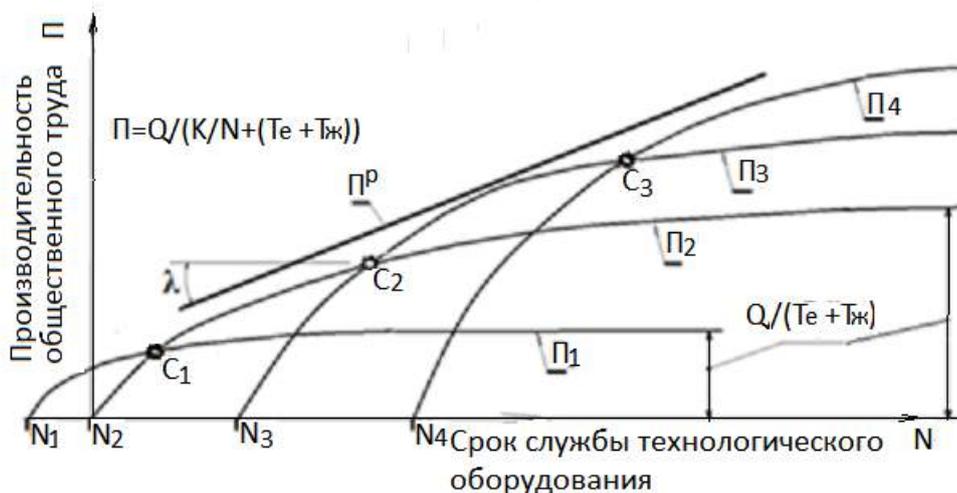


Рисунок 2 Рост производительности общественного труда во времени

момент срока службы технологического оборудования ($Q * N$), а в знаменателе, в тех же единицах, представлена сумма единовременных и текущих затрат за тот же период срока службы. Таким образом, отражается смысл экономического соответствия выбранной модели: производительность общественного труда показывает, во сколько раз доход превышает затраты, причём на выбранный год (N) службы технологического оборудования. Данная модель может использовать как статистические сведения, так и данные конкретного проекта, или смешанные данные производственного процесса в зависимости от стадии и задач его разработки. При этом объективно определяется или прогнозируется прибыль, эффективность капиталовложений и другие показатели, интересующие предпринимателя и аналитические службы, поскольку все эти параметры являются характеристикой единого критерия, то есть, приведенными к итоговому результату производства.

Проведём анализ и оценим характерные экономические этапы производственного процесса, используя графическое изображение выбранной модели в координатах $\Pi - N$ и представленное на рисунке 2. Сопоставим показательные участки кривой роста производительности производственного процесса с преобразованным выражением аналитической модели, полученным после деления числителя и знаменателя на N : $\Pi = Q / (K/N + (T_e + T_{ж}))$. Если в начальный момент, то есть, при $N \rightarrow 0$ (когда производство ещё не пущено, или товары пока не реализуются) производительность общественного труда равна нулю, то при $N \rightarrow \infty$ (весьма продолжительный срок службы оборудования) производительность достигает предельной величины: $\Pi = Q / (T_e + T_{ж})$. В этом выражении нет значения капиталовложений, но именно их объём определяет уровень разработок технологических возможностей машины (её производительность) обеспечивает предельный рост объёма продукции, который определяется произведением фактической производительности машины за год (Q') на цену (Π) за одно изделие: $Q = Q' * \Pi$. В соответствии с теорией производительности машин их развитие осуществляется при последовательном увеличении капиталовложений на их создание. Таким образом, между произведённым годовым объёмом товарной продукции и объёмом капиталовложений существует зависимость. Она не имеет явного аналитического представления, так как проектные работы по созданию прогрессивной техники включают творческий процесс, определяющий объём необходимых исследований и испытаний. Появление прогрессивной техники обуславливает возникновение и накопление потенциала для развития макрогенерации нового поколения.

Другими словами, представленная модель роста производительности общественного труда повторяет и объясняет результаты статистических данных о волнообразном потоке экономического роста с тенденцией к

увеличению их амплитуды. Поэтому, оценка экономической эффективности капиталовложений на её основе носит объективный характер.

Методический подход к определению (или прогнозированию) этой эффективности капиталовложений строится на сравнении рассматриваемого конкретного варианта роста производительности труда (например: $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4$, рис. 2) с требуемым или конкурентным значением (Π^P) её роста. Это сравнение удобно наблюдать в точках пересечения кривых сравниваемых вариантов (C_1, C_2 и C_3). Конкурентным, естественно, считать тот доход на единицу приведённых затрат, который является большим; в примере имеем: $\Pi_4 > \Pi_3 > \Pi_2 > \Pi_1$. Когда конкурента нет, требуемый рост производительности труда характеризуется углом λ (рис.2 и рис.3) подъёма прямой, аппроксимирующей экономический рост региона в рассматриваемом периоде времени и масштабе производства (технологическая линия, цех, предприятие, группа предприятий, отрасль и т.п.).

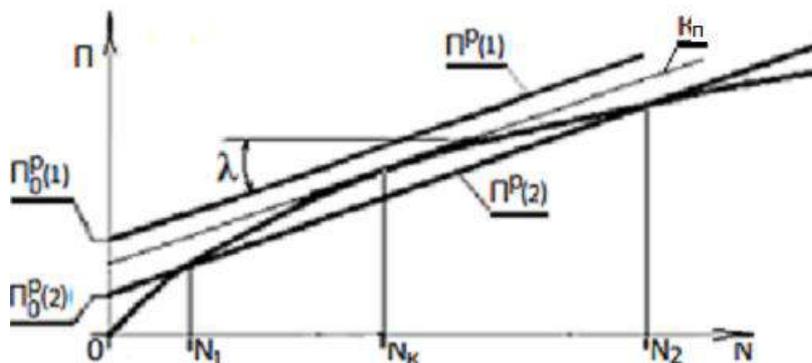


Рисунок 3 К оценке текущего состояния производительности производственного процесса

Если исследуемая кривая роста $\Pi(N)$ пересекается прямой роста (рис. 3), $\Pi^P(2)$ производительности, отражающей уровень экономического развития, то отрезок времени N_1-N_2 определяет зону эффективного использования капиталовложений по принятому варианту. Если общих точек нет, то есть, кривая производительности $\Pi(N)$ не «достаёт» прямую $\Pi^P(1)$ требуемого экономического роста, (как и кривую конкурентной производительности), то речь о прогрессивном процессе производства не идёт. Однако, и в этом случае можно судить о периоде целесообразного использования капиталовложений, предусмотренных проектом. Касательная K_Π под углом λ к кривой в точке касания определяет срок службы N_K , до которого темпы роста производительности для непрогрессивного варианта выше требуемых, хотя уровень производительности общественного труда не отвечает требованиям времени. Поэтому, если капиталовложения окупаются до срока службы оборудования, соответствующего точке N_K , то проект может приниматься, но для создания необходимого уровня экономического развития необходимо обращаться к созданию прогрессивных технологий, обеспечивающих требуемый уровень производительности общественного труда. Иначе, ориентируясь на прибыль от уходящих технологий, возникает вероятность застоя и кризиса.

Определение точек N_1 и N_2 осуществляется решением системы соответствующих уравнений двух линий (рис.3): прямой требуемого (конкурентного) роста и проектной кривой. Точка N_K находится, как точка касания прямой с угловым коэффициентом, равным $\text{tg} \lambda$ и проектной кривой; в результате получаем: $N_K = ((Q \cdot K / \text{tg} \lambda)^{0.5} \cdot K) / (T_e + T_j)$.

Оценку эффективности капиталовложений и других основных показателей экономического роста на основе выбранной модели можно осуществлять по традиционным, устоявшимся определениям, но под общим единым критерием, которым является производительность общественного труда. В этом случае имеет место определённость того, какому технико-экономическому состоянию производственного процесса и какому сроку службы, соответствуют проводимые расчёты.

Например, выделим в аналитическом выражении производительности общественного труда модель эффективности использования капитала R_k , как известно, отношением суммы прибыли к среднегодовой сумме капитала, и рентабельность продукции R_q , как отношение прибыли к сумме текущих затрат. То есть, $R_k = (Q - (T_e + T_j)) / (K/N)$ и $R_q = (Q - (T_e + T_j)) / (T_e + T_j)$. Тогда, после преобразований, выражение производительности общественного труда в сфере производства принимает вид: $\Pi = (1 + 1/R_q) / (1/R_k + 1/R_q)$. Здесь значение функции эффективности капиталовложений определяется сроком службы производственного оборудования, то есть, $R_k = f(N)$, что позволяет производить оценку эффективности

капиталовложений с ориентацией на достигнутую к данному моменту производительность общественного труда. Рентабельность продукции повышается с ростом производительности оборудования, которая, как утверждает теория производительности машин, предела не имеет, в отличие от экономии трудовых ресурсов, сдерживающей развитие экономики.

Технико-экономический анализ представленной модели открывает возможности выработать требования к производительности технологического оборудования при тех сочетаниях основных экономических показателей, которые аналитики экономической службы найдут соответствующими состоянию производства и рынка.

Производительность технологического оборудования в данном случае определяется рыночной ценой, и поэтому содержит, как количественную, так и качественную сторону. Это значит, что развитие техники должно направляться на создание актуальных, востребованных обществом изделий с применением высокотехнологичных производств. Такая экономика машиностроения характеризуется высокой производительностью общественного труда, когда значительные капиталовложения имеют короткие сроки окупаемости и прибыль, обеспечивающую требуемую рентабельность производства и скорую реновацию техники.

Список литературы

1. Автоматизация и механизация производственных процессов в машиностроении/под ред. Шаумяна Г.А. М: Машиностроение, 1967. 387 с.
2. Аникина, Е.А. Экономическая теория: учебник / Е.А. Аникина, Л.И. Гавриленко. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. 413 с.
3. Бурдо, Г.Б. Технико-экономический анализ/ Г.Б. Бурдо, Г.И. Рогозин, В.Г. Прохоров// Актуальные проблемы развития машиностроительного комплекса Тверской области: матер. научно-практической конференции. Тверь, 2001. С. 35-39

СЕКЦИЯ №5.

ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЛЮЕНТА – ПРОДУКТА БИОГАЗОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Друзьянова В.П., Кондакова Н.И., Герасимов Д.А.

(Друзьянова В.П. - доктор технических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», г. Якутск; Кондакова Н.И. - старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия», г. Якутск; Герасимов Д.А. - студент Политехнического института ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», г. Мирный)

***Аннотация:** Разработана биогазовая технология, адаптированная для применения в климатических, а также сложившихся условиях ведения животноводства в Якутии. Рассмотрены способ производства и эффективного применения органического удобрения под сельскохозяйственные культуры в условиях вечной мерзлоты. Более детально изучены химический состав и биологическая ценность эффлюента.*

Ключевые слова: эффлюент, биогаз, удобрение, биогазовая установка, переработка, утилизация, навоз, микроэлемент, биодобавки.

Природно-климатические условия Якутии во многих отношениях характеризуются как экстремальные.

Нами разработана биогазовая технология, адаптированная для применения в климатических, а также сложившихся условиях ведения животноводства. В результате переработки бесподстилочного навоза КРС по данной технологии получаем биогаз и эффлюент.

Нами был изучен химический состав, дана санитарная оценка получаемому эффлюенту (таблица 1).

Санитарно-микологические исследования свидетельствуют об экологической безопасности получаемого эффлюента КРС.

Таблица 1. Химико - токсикологическое исследование эффлюента

	Показатели	Метод испытаний	Эффлюент КРС
1.	Влажность, %	ГОСТ 13496.3-92	6,0
2.	Сырой протеин, г/кг	ГОСТ 13496.4-93	87,5
3.	Калий, г/кг	ААС метод эмиссии	10,789
4.	Натрий, г/кг	ААС метод эмиссии	44,704
5.	Кальций, г/кг	ААС метод эмиссии	5,773
6.	Фосфор, г/кг	ААС метод эмиссии	7,174
7.	Железо, г/кг	ГОСТ 30692-2000	1,180
8.	Марганец, мг/кг	ГОСТ 30692-2000	59,25
9.	Цинк,	ГОСТ 30692-2000	148,92
10.	Медь	ГОСТ 30692-2000	37,98
11.	Свинец	ГОСТ 30692-2000	-
12.	Кадмий	ГОСТ 30692-2000	0,062
13.	Мышьяк	ГОСТ 30692-2000	0,085

Более детальное изучение химического состава и биологической ценности эффлюента показало, что в нем кроме основных питательных веществ содержится 6 жизненно необходимых микроэлементов – железо, йод, марганец, медь, селен, цинк, а также 6 витаминов – С, Е, В1, В2, В3, В6.

Санитарно-микологическое исследование освидетельствовало об экологической безопасности получаемого эффлюента.

Как видим, эффлюент отличается большим разнообразием питательных веществ, необходимых для балансирования по минеральным веществам и витаминам группы В. Особый интерес вызывает содержание таких элементов, как селен и витамин Е, которые относятся к антиоксидантам.

Также изучили биологическую ценность эффлюента (табл.2):

Таблица 2 – Биологические элементы в составе эффлюента

Показатели	Ед. изм.	Эффлюент
Белок	%	13,52±1,59
Жир	%	4,13±0,12
клетчатка	%	25,08±1,05
Макроэлементы:	г/кг	
Кальций		1,73±0,03
Фосфор		0,32±0,003
Микроэлементы:	мг/100	
Магний		12,86±0,27
Железо		2,46±0,08
Йод		0,82±0,03
Марганец		45,98±0,98

Медь		12,15±0,24
Селен		4,22±0,14
Цинк		65,60±2,16
Витамины:	мг/кг	
С		189,1±12,12
Е		142,00±8,54
В1		4,70±0,24
В2		25,93±1,48
В3		55,72±3,53
В6		34,32±1,95

Как видим, эффлюент крупного рогатого скота имеет достаточно высокие показатели, особенно по витаминному составу.

В агропромышленном секторе Якутии имеется достаточно острая проблема – это отсутствие технологий по переработке и утилизации производимого навоза сельскохозяйственных животных.

В работе [1] мы постарались максимально раскрыть разрушающее воздействие необработанного бесподстилочного навоза на хрупкую природу Якутии, обостряемую вызываемой обратной реакцией вечной мерзлоты.

Автор работы [2] пишет, что если бесподстилочный навоз должным образом не перерабатывается и не подготавливается как удобрение, то становится весьма опасным источником загрязнения экологии – из 1 т навоза ежедневно может выделяться до 6 кг CO₂.

Мельников С.В. в своей работе [3] пишет о том, что проблема утилизации навоза в целом относится к числу наиболее сложных, т.к. ее решение находится на стыке различных отраслей научно-технических знаний (биологии, зоотехнии, ветеринарии, мелиорации, химии, физики, медицины, механизации, агрономии и др.).

Сегодня требуются всесторонние изменения в сложившемся образе мышления сельскохозяйственных производителей, пора внедрять современную модель ведения хозяйственной деятельности, остановить разрушительное воздействие на экологию, в конечном итоге, оздоровить общество.

Таким образом, биогазовая технология позволяет решить проблему утилизации бесподстилочного навоза, получив при этом биогаз и эффлюент, который может являться не только минерализованным удобрением, но и достаточно полноценной биологически активной кормовой добавкой в рационах сельскохозяйственных животных.

В результате исследования, получены следующие выводы:

Обосновано еще одно важное свойство эффлюента - он может применяться не только как удобрение под сельскохозяйственные культуры, но и как качественная кормовая витаминная биодобавка.

Список литературы

1. Друзьянова, В. П. Ресурсосберегающие технология утилизации бесподстилочного навоза крупного рогатого скота в условиях Республики Саха (Якутия) [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / В. П. Друзьянова. – Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ. – 2004. – 24 с.
2. Сельское хозяйство в РС (Якутия) за 2009-2013 гг. [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://www.sakha.gks.ru/wps/wsmconnect/rosstat_ts/sakha/ru/statistics. -15.02.2015.
3. Мельников, С. В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов [Текст] / С. В. Мельников. - 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Агропромиздат, 1985 – 640 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПУСКОВОГО РЕЖИМА ВОДОРОД-КИСЛОРОДНОГО ПАРОГЕНЕРАТОРА

Егоров А.Н.

СНЦ РАН, РФ, г. Саратов

Водород-кислородный парогенератор является неотъемлемой частью водородного энергетического комплекса. В парогенераторе происходит преобразование энергии водородного топлива в процессе его окисления кислородом в тепловую энергию в виде водяного пара высоких калорических параметров. Этот пар используется для генерации электрической энергии в паровом турбогенераторе в пиковые часы графика электрических нагрузок. При этом в зависимости от требуемых условий давление и температура неохлажденного генерируемого пара может достигать 6 МПа и 3600 К соответственно. Другой особенностью условий работы водород-кислородного парогенератора является циклический режим, что означает пуск и работу в течение нескольких часов в течение суток с последующим остановом до следующих суток. Сочетание высоких температур и цикличности работы оказывает существенное влияние на ресурс парогенератора. Наиболее ресурсозатратным, с точки зрения термических напряжений, является пуск парогенератора после ночного останова, когда имеют место наибольшие температурные градиенты в металле камеры сгорания, поэтому актуальным является исследование влияния пускового режима на ресурс парогенератора.

Температура генерируемого высокотемпературного водяного пара в основном будет определяться полнотой сгорания водородного топлива и давлением в парогенераторе. При этом эффективность сжигания в основном зависит от способа подвода горючего и окислителя, а также конструктивных и геометрических параметров камеры сгорания парогенератора. На рис. 1 показан трехмерный вид исследуемой камеры сгорания водород-кислородного парогенератора. Данный тип камеры сгорания применяется в экспериментальных исследованиях процессов горения водорода в кислороде, которые, например, проводятся в ОИВТ РАН. При этом приняты следующие геометрические размеры:

1. Длина – 700 мм
2. Внутренний диаметр – 225 мм
3. Толщина внутренней стенки – 3 мм
4. Толщина корпуса – 5 мм
5. Диаметр форсунок: топливо – 7 мм, окислитель – 30 мм

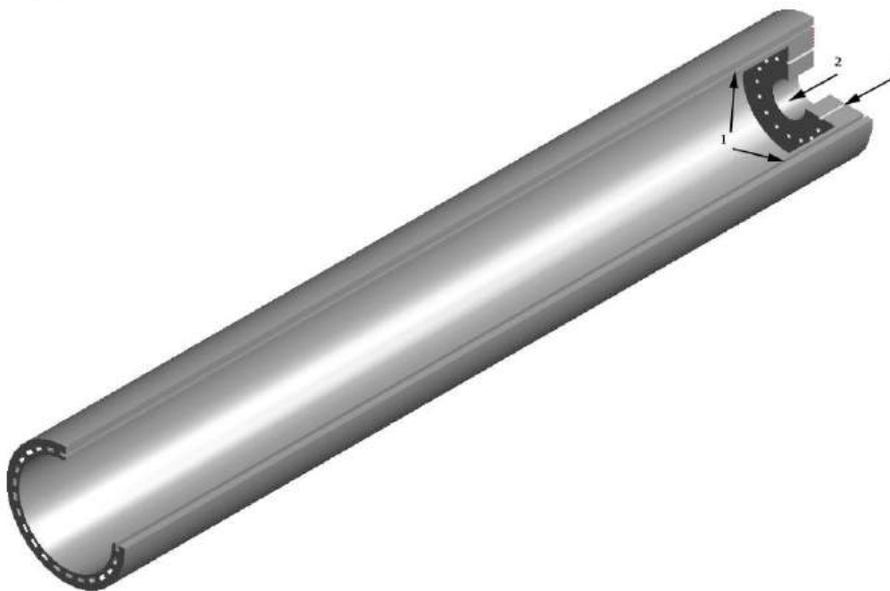


Рис. 1 Разрез водород-кислородного парогенератора: 1 – каналы охлаждения; 2 – форсунка окислителя; 3 – топливные форсунки

Для оценки термодинамических параметров продуктов сгорания и охлаждающей среды, температуры стенок камеры сгорания и моделирования процесса горения использовался конечно-элементный метод расчета с использованием CFD кода [1]. При этом использовалась модель диффузионного горения предварительно не перемешанных горючего и окислителя [3].

Как известно, возникновение термических напряжений обусловлено наличием градиентов температуры в теле металла при его нагреве. При подводе тепла всегда будет неравномерный прогрев детали, обусловленный конечным значением теплопроводности, а также температурными градиентами рабочего тела и металла. С другой стороны, при нагреве металл имеет свойство расширяться и для характеристики этого явления введено понятие коэффициент температурного расширения. Соответственно наложение этих двух факторов и вызывает термические напряжения. Т.е. более прогретые слои расширяются больше, чем холодные, что приводит к возникновению напряжения на границе этих слоев. Наличие сложной геометрической формы детали (переходы диаметров для цилиндрических деталей) приводит к росту величины термических напряжений в таких местах, которые называются концентраторами напряжений. При этом вызывающие термические напряжения температурные напряжения существенно меняются в течение времени пуска энергоустановки, снижаясь по мере прогрева металла. Поэтому было проведено моделирование нестационарного процесса нагрева металла камеры сгорания в процессе пуска парогенератора.

Как было сказано выше одним из факторов, влияющим на температурный режим парогенератора, являются также теплофизические свойства металла стенок камеры сгорания. В расчетах использовался следующий цветной сплав (см. табл. 1).

Таблица 1. Теплофизические свойства металла [2]¹

Марка металла	Плотность, кг/м ³	Теплоемкость, Дж/кг*К	Теплопроводность, Вт/м*К	Температура плавления, К
БрХ1	8825	367	173	1354

В качестве охлаждающей среды в данной камере сгорания используется охлаждающая вода с параметрами: скорость потока 5 м/с, температура 22°C.

В результате численного моделирования с использованием CFD кода применительно к вышеизложенным исходным данным были получены следующие показатели температурного режима металла стенок камеры сгорания водород-кислородного парогенератора (см. рис. 2). Как видно из рис. 2, по истечении 70 секунд с начала пуска минимальная и максимальная температура металла камеры сгорания изменяется в относительно небольших пределах, т.е. переходят в стационарный режим. При этом достигается максимальное значение температурного градиента.

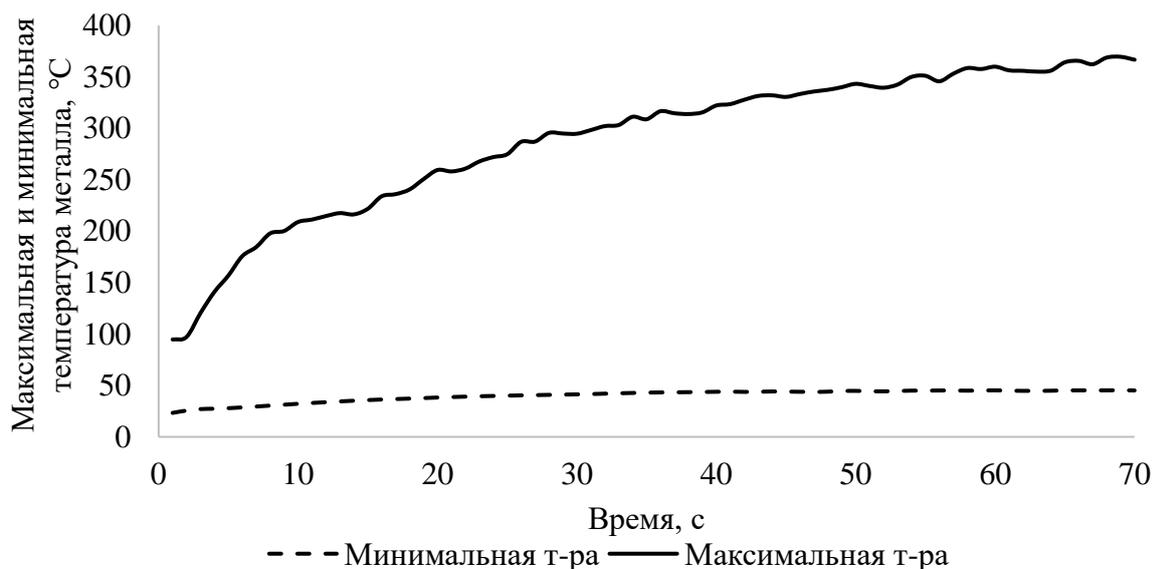


Рис. 2 Показатели температурного режима металла стенок парогенератора в процессе пуска из холодного состояния

¹ Средние значения в диапазоне температур 22-600°C

Также видно, что использование цветных сплавов с большим коэффициентом теплопроводности позволяет эффективно отводить тепло от стенок камеры сгорания и удерживать температуру металла значительно ниже температуры плавления.

Как было сказано выше, максимальные напряжения будут возникать за счет выраженных температурных градиентов, вызванных значительным изменением температуры рабочего тела (продуктов сгорания) в единицу времени. Для расчета внутренних термических напряжений, возникающих в результате работы водород-кислородного парогенератора в режиме пуска из холодного состояния, применялся конечно-элементный метод расчета [4] в соответствии с принятыми геометрическими размерами и конструкцией камеры сгорания (см. рис. 1). В результате расчетов была получена следующая зависимость термических напряжений от времени пуска (см. рис. 3). Как видно из рис. 3 напряжения растут с ростом максимальной температуры металла, т.е. с ростом градиента температур. В данном случае максимальными напряжения наступают к 70 секунде. Последующей прогрев камеры сгорания приведет к уменьшению градиента температур и к снижению термических напряжений.

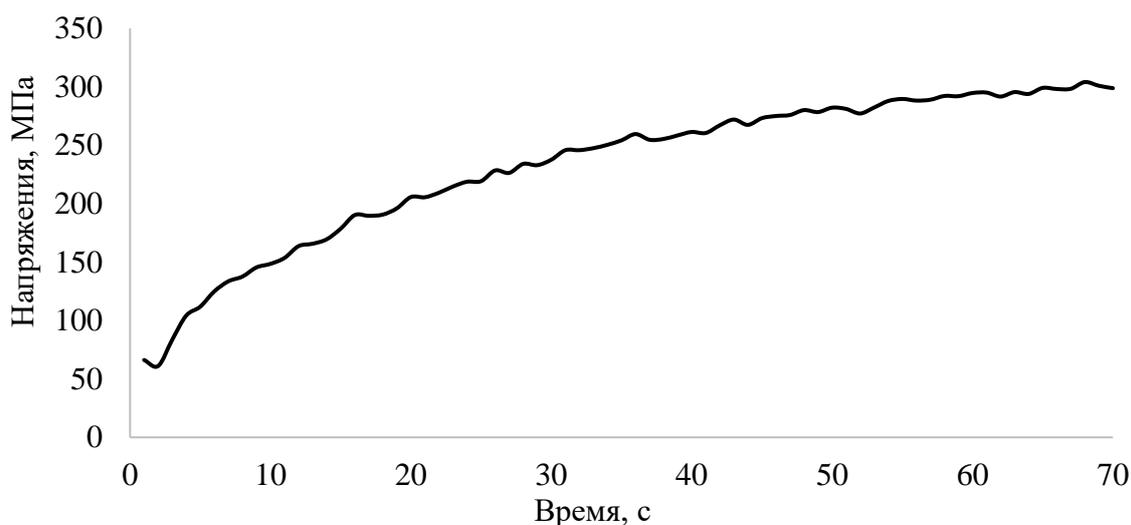


Рис. 3 Напряжения в металле стенок парогенератора в процессе пуска из холодного состояния

В результате моделирования пускового режима водород-кислородного парогенератора с использованием CFD кода построена зависимость изменения температуры и напряжения в металле камеры сгорания в процессе пуска парогенератора из холодного состояния. Показано, что по истечении 70 секунд после пуска температурный градиент принимает максимальное значение, что соответствует максимальным термическим напряжениям, возникающим в металле камеры сгорания.

Список литературы

1. D. Anderson, Jr. Computational Fluid Dynamics. The basics with applications. McGraw-Hill, Inc. 1995. 383 p.
2. Жаропрочные стали и сплавы: Справочник / С.Б. Масленников - М.: Металлургия. 1983. 192 с.
3. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике / Д.А. Франк-Каменецкий. М.: Наука. 1987. 502с.
4. Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф. ANSYS для инженеров: Справ. пособие. – М.: Машиностроение-1. 2004. 512 с.

ПОЛЕЗНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ КОНДЕНСАТА РЕЦИРКУЛЯЦИИ ПУТЕМ ВВОДА ЕГО ПОД ВСТРОЕННЫЙ ТРУБНЫЙ ПУЧОК КОНДЕНСАТОРА

Иглин П.В., Шемпелев А.Г., Крупин Д.Ф.

ВятГУ, РФ, г. Киров

Одним из основных направлений повышения эффективности и надежности работы паротурбинных установок (ПТУ), и тепловых электрических станций (ТЭС) в целом, является снижение потерь теплоты в конденсаторе.

Расчетная величина суммарного теплового потока, поступающего помимо части низкого давления (ЧНД) в конденсаторы турбин, работающих в теплофикационном режиме, по данным заводов-изготовителей составляет 3,5-7 МВт. Однако, как показали проведенные исследования [2], действительные тепловые потери значительно выше расчетных и могут составлять 6-16 МВт. Причинами такого превышения являются отклонения условий эксплуатации от расчетных. Основной составляющей указанных потерь является тепловой поток с рециркуляцией конденсата в конденсатор, величина которого определяется расходом пара, отсасываемого из уплотнений, и расходом пара, подаваемого на эжекторы, теплота которых передается конденсату в соответствующих теплообменниках.

Представляется, что одним из основных направлений по повышению эффективности работы конденсаторов является использование теплоты конденсата рециркуляции вне конденсатора путем установки теплообменного аппарата для подогрева сырой или химически очищенной воды. Для проектирования такого аппарата на турбоустановке Т-50-130 были приняты исходные данные, представленные в таблице 1.

Поверхности теплообмена полученные по результатам расчетов составили для кожухотрубного аппарата 57 м², для пластинчатого – 22,6 м².

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

Величина		Значение	Примечание
Температура сырой воды на входе в теплообменник	t'_2	5 °С	
Температура холодной воды на выходе из теплообменника	t''_2	30 °С	Температура воды перед ХВО
Температура конденсата рециркуляции на входе в теплообменник	t'_1	80 °С	
Температура конденсата рециркуляции на выходе из теплообменника	t''_1	36,9 °С	Определяется как температура насыщения t_s при давлении в конденсаторе +4 °С. Значение указано для давления в конденсаторе 5 кПа .
Расход конденсата рециркуляции	M_1	17,8 кг/с	При условии, что в конденсатор подается 6 т/ч пара, что соответствует теплофикационным режимам работы турбины при давлении пара в теплофикационном отборе 0,06 МПа.
Нагрузка теплообменного аппарата	Q	3,2 МВт	

Тепловая схема включения одного из указанных теплообменников представлена на рисунке 1. Следует отметить, что на данной схеме конденсат рециркуляции подается в нижнюю часть конденсатора в зону регенеративного подогрева, под встроенный трубный пучок через специальные водораспределительные устройства [1]. Такое техническое решение по сравнению с подачей по штатной схеме обеспечивает:

- исключение заливания конденсатом рециркуляции трубной системы, что интенсифицирует процессы тепло и массообмена в конденсаторе;
- исключает вынос эрозионно опасной влаги в последние ступени турбины на режимах работы по тепловому графику;

- уменьшает переохлаждение конденсата на днище и улучшает деаэрирующие характеристики конденсатора.

С помощью физико-математической модели конденсатора [3] проведены расчеты необходимого количества нагреваемой воды при различных уровнях давления в конденсаторе (от 3 до 12 кПа) и различных значениях расхода конденсата рециркуляции от 10% до 100% от номинального (17,78 кг/с (64 т/ч)). Результаты расчетов представлены на рисунке 2.

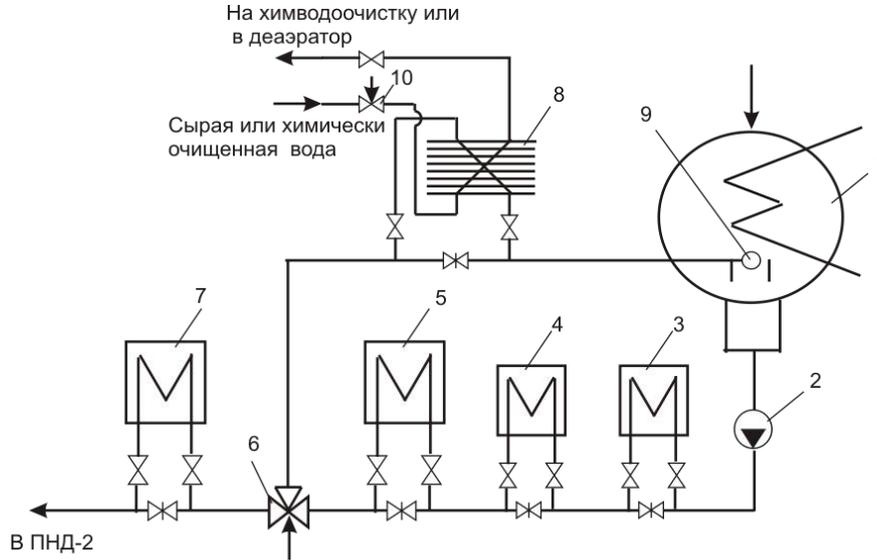


Рисунок 1 – Схема установки пластинчатого теплообменника на линии рециркуляции основного конденсата в конденсатор: 1 – конденсатор; 2 – конденсатный насос; 3, 4 – охладители основного эжектора и эжектора уплотнений; 5 – сальниковый подогреватель; 6 – клапан рециркуляции; 7 – ПНД-1; 8 – пластинчатый теплообменник; 9 – водораспределительное устройство; 10 – регулятор холодной воды.

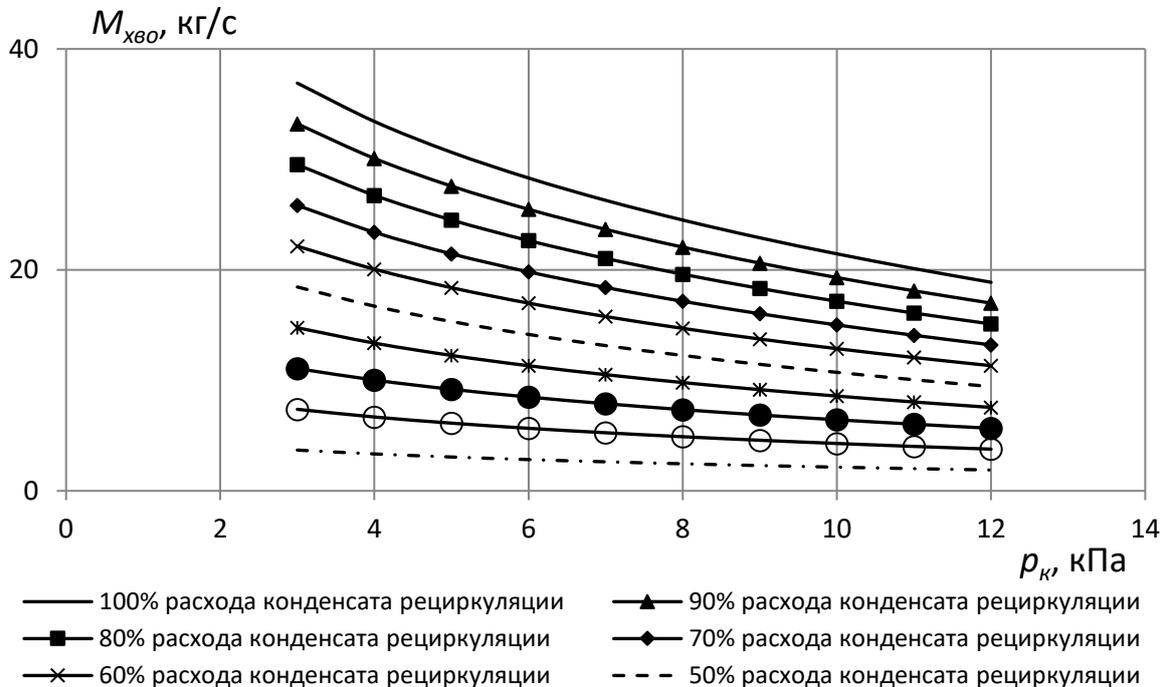


Рисунок 2 – Зависимость расхода нагреваемой холодной воды от давления в конденсаторе.

На рисунке 3 представлены аналогичные зависимости мощности теплообменного аппарата от давления в конденсаторе.

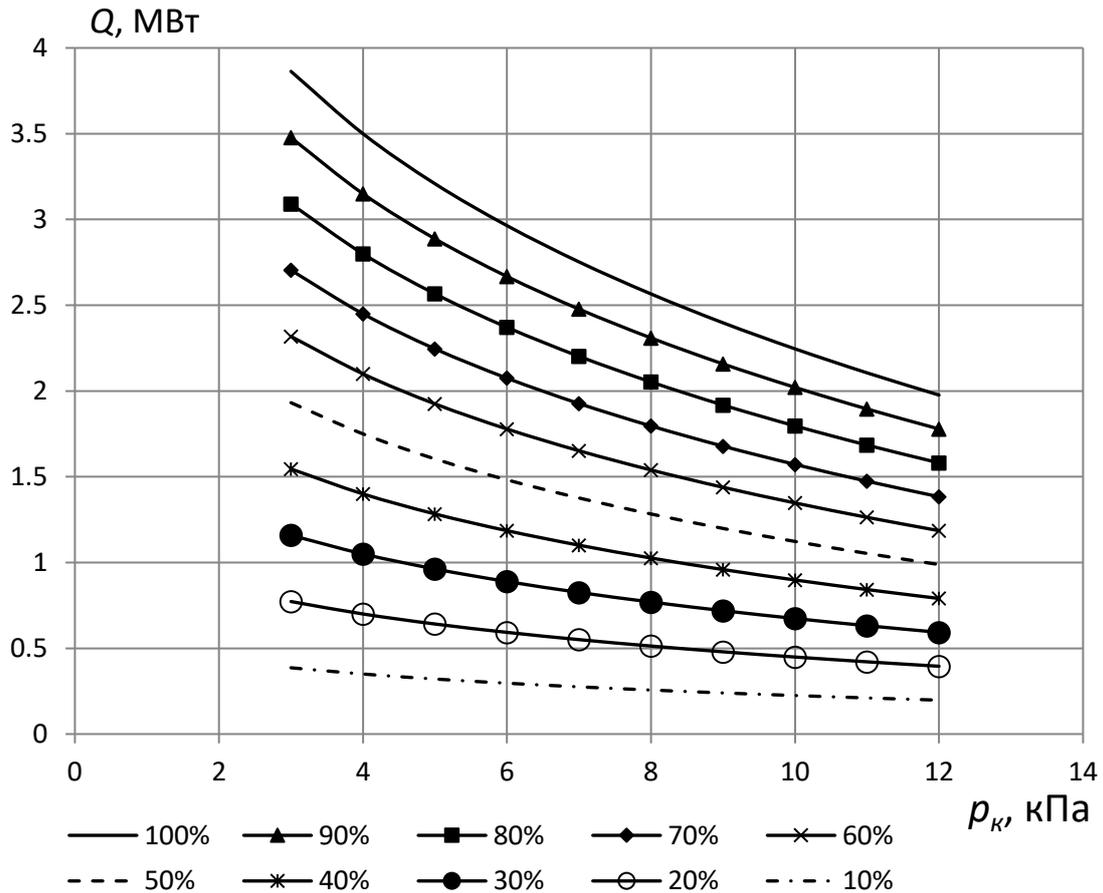


Рисунок 3 – Зависимость тепловой мощности теплообменного аппарата от давления пара в конденсаторе при различных расходах конденсата рециркуляции.

Проведены расчеты по определению экономии топлива при внедрении рассмотренного мероприятия на примере конденсатора К2-3000-2 паротурбинной установки Т-50-130.

На рисунке 4 представлена зависимость экономии топлива от давления в конденсаторе при различных расходах конденсата рециркуляции при установке теплообменника на линию рециркуляции конденсата.

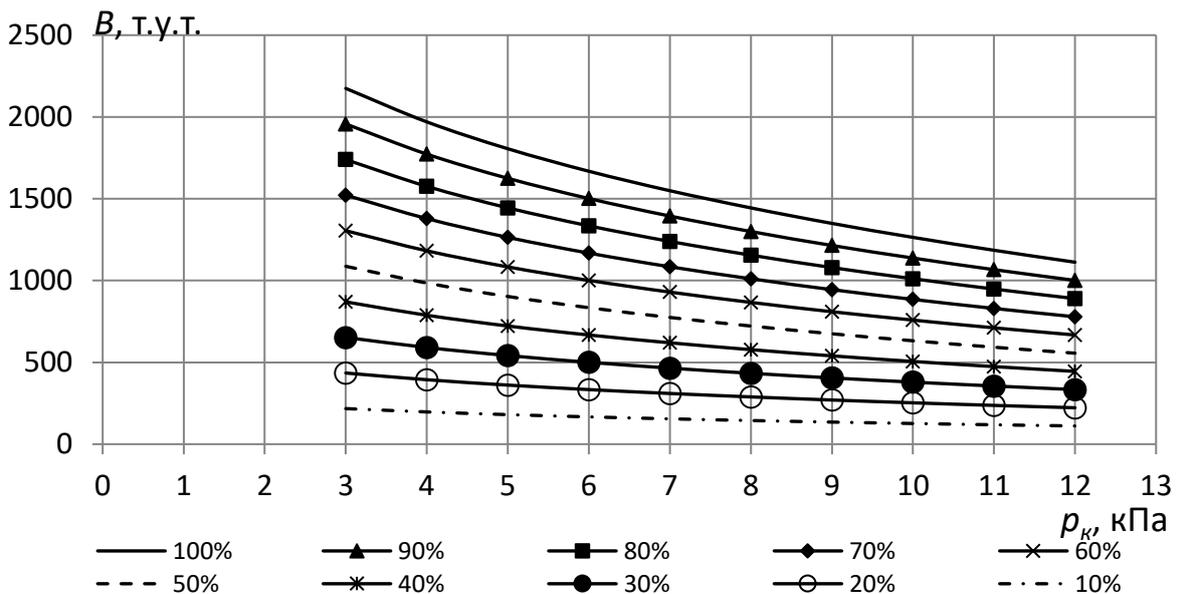


Рисунок 4 – Зависимость экономии топлива от давления пара в конденсаторе при различных расходах конденсата рециркуляции.

Таким образом, показано, что целесообразным и экономически выгодным является использование теплоты конденсата рециркуляции, путем установки теплообменника для подогрева сырой или химически очищенной воды.

Список литературы

1. Патент на полезную модель 124375 РФ. МПК F28B9/00. Конденсатор теплофикационной паровой установки / А.Г. Шемпелев, Е.И. Эфрос, Россия. // Заявление № 20121149/05 от 17.04.2012. Опубликовано 20.01.2013.
2. Шемпелев А. Г. Результаты экспериментальной оценки составляющих суммарного теплового потока в конденсаторы теплофикационных турбин / А. Г. Шемпелев, П. В. Иглин // Энергетик. – 2014. – №9. – С. 41–43.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2014615561, дата регистрации 28.05.2014. Поверочный тепловой расчет конденсаторов паровых турбин / А. Г. Шемпелев, П. В. Иглин (Россия) // Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности «Программы для ЭВМ. Базы данных. Типологии интегральных микросхем». 2014. №6(92).

СИСТЕМА ТЕЛЕМЕХАНИКИ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Рябова Ю.С., Кононец В.В., Шалева М.А.

ОГАУ, РФ, г. Оренбург

Автоматизация различных объектов производства в последние годы становится не просто желательным, а необходимым этапом. Системы автоматизации технологических процессов широко применяются в современной промышленности и позволяют снизить себестоимость продукции при неизменном её качестве. В связи с созданием автоматизированных систем управления (АСУ), особое внимание уделяется телемеханике.

Телемеханика (ТМ) – контроль и управление объектами на расстоянии с применением специализированных преобразований сигналов.

Система телемеханики предназначена для оперативного контроля и управления объектами энерго-, тепло- и водоснабжения и может применяться в промышленных электрических сетях и коммунальном хозяйстве. Эта система обеспечивает: непрерывный сбор и контроль информации о телесигнализации (ТС); телеизмерение текущих значений параметров (ТИ); телеизмерение интегральных значений параметров (ТИИ); телеуправление (ТУ).

Шкаф ТМ является программируемым устройством и используется в качестве аппаратуры телемеханики в составе автоматизированной системы диспетчерского контроля и управления.

Шкаф телемеханики позволяет производить:

- построение иерархической распределенной системы сбора телемеханической информации и управления с диспетчерскими пунктами (ДП);
- работу с ДП по различным каналам связи;
- измерение параметров: токов, напряжений, частоты, температур;
- контроль состояния оборудования;
- питание датчиков телесигнализации (ТС) напряжением равным 12В;
- определение изменения состояния объектов телесигнализации (ТС) с быстродействием не хуже 0,1 сек;
- защиту цепей питания, цепей ввода/вывода от перенапряжений;
- обмен параметрами с системами микропроцессорной защиты и цифровыми преобразователями и другими распределенными устройствами (ПУ) по интерфейсам RS-232, RS-485, оптоволокну;
- автономное функционирование в полном объеме при пропадании сетевого питания 220В, 50Гц в течении 8 ч (без учета работы радиостанции);
- наращивать информационный объем параметров по телесигнализации, по телеизмерениям, по телеуправлениям при дальнейшем расширении системы;

- надежную выдачу сигналов телеуправления;
- поэтапное внедрение в существующие комплексы телемеханики;
- аппаратную защиту от сбоев программного обеспечения устройства;
- автоматическую диагностику подсистемы питания и каналов связи с сигнализацией неисправностей;
- оперативное изменение настроек (списка параметров ТС, ТИ, ТУ) в ходе эксплуатации;
- оперативное предоставление информации о работе шкафа ТМ.

В настоящее время на балансе Оренбургского производственного отделения филиала ПАО «МРСК-Волги» - «Оренбургэнерго» находится около 100 распределительных подстанций (РП) из них только 56 телемеханизированы и 2000 трансформаторных подстанций (ТП), из которых только 2 подстанции оснащены системой телемеханики испытательного оборудования образца г. Омска научно-производственного оборудования «Мир».

Использование шкафа телемеханики на ТП заключается в том, что необходимо производить мониторинг распределительных ячеек отходящих групп пофазно, т.е. каждая фаза отходящей группы ОГ1, ОГ2, ОГ3, ОГ4 (рис. 1) ячеек ЯЧ1, ЯЧ3, ЯЧ5, ЯЧ7 подключаются к контролируемому пункту с помощью внешних клеммных плат КА-01 и блоков реле повторителей БР-4.2, коммутирующих нагрузку ~220В, 5А. Эти платы еще выполняют функцию защиты от перенапряжений. Кабелями КВВГнг 4х1,5 через автомат защиты отходящие группы соединяются с субблоками телесигнализации 7058D. Субблок ТС производит тест отходящих групп на наличие на входе питания ~220В. Если питание присутствует на входе, то отходящая группа находится в рабочем режиме. Кроме того, все входные двери ТП оснащены конечными выключателями марки ВП16РГ. Сигнал с конечных выключателей приходит на субблок ТС 7051D, где происходит тест на открытие/закрытие дверей ТП.

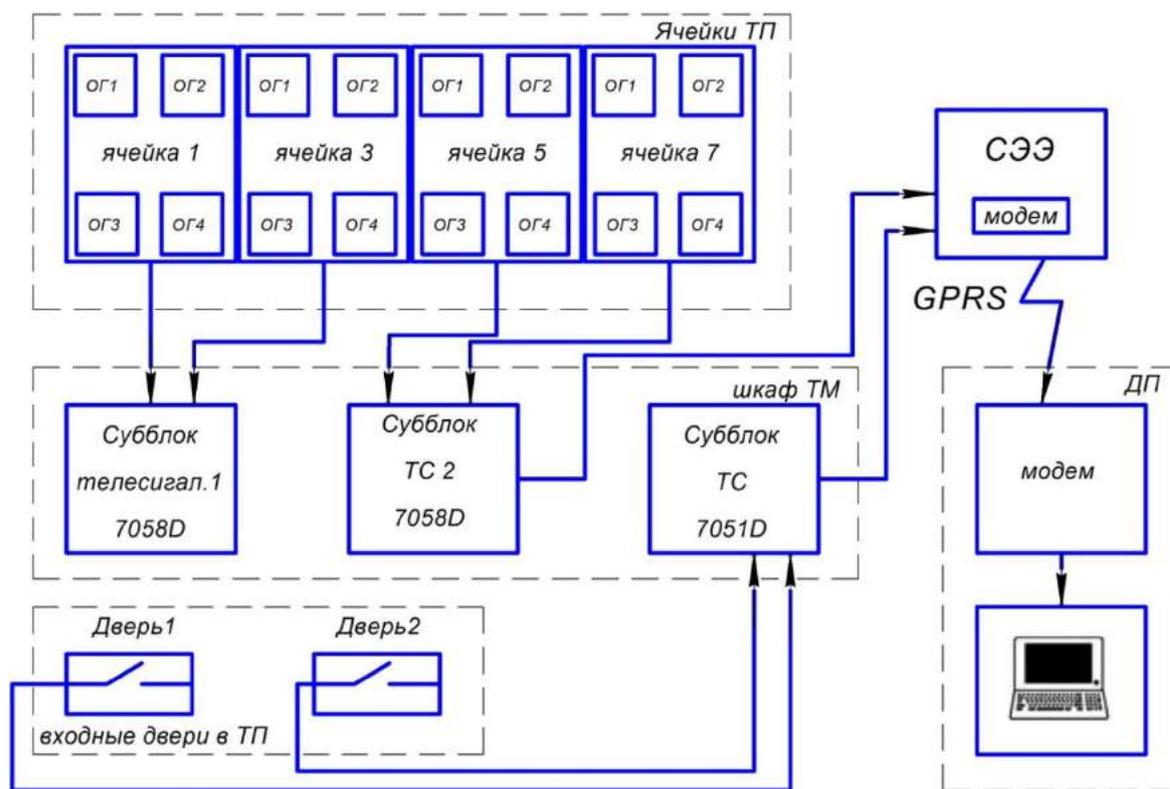


Рисунок 1 Пример функционирования системы телемеханики

Вся информация с субблоков передается в счетчик электроэнергии марки МИР С-03 по 485 интерфейсу. Счетчик электрической энергии в свою очередь фиксирует изменения состояния входов ТС счетчика (срабатывание ТС); превышения порогов по току, напряжению, мощности; отключению основного питания счетчика; несанкционированному доступу к счетчику (вскрытие счетчика, вскрытие клеммной крышки, попытка доступа с неверным паролем). Данный счетчик имеет встроенный GPRS модем, через который вся информация передается на диспетчерский пункт, где диспетчер следит за переданной информацией через персональный компьютер с установленным на нем программным обеспечением.

В любой момент времени диспетчер может включить (отключить) КП, запросить с КП ТС/ТИ. При необходимости можно просмотреть и откорректировать таблицы базы данных, просмотреть и напечатать графики и протоколы.

Если в трансформаторных подстанциях контролируемый пункт производит телесигнализацию, то в распределительных подстанциях система шкафа ТМ обеспечивает непрерывный сбор и контроль информации о телесигнализации; телеизмерение текущих значений параметров и телеуправление.

Функции телемеханизации на распределительных подстанциях (РП) 6/10 кВ выполняются следующим признакам:

- По телеизмерению. Измерение токов, напряжений, мощностей на отходящих и вводных ячеек.

- По телесигнализации. Проверка состояния входных дверей РП, положение вакуумного выключателя (включено/выключено).

- По телеуправлению. Дистанционное включение/отключение ячеек РП.

Всю полученную информацию с ячеек обрабатывает шкаф ТМ «Омь 1.04». В состав данного контроллера входят следующие модули:

- Субблок ТС (для сбора и обработки информации по ТС);
- Субблок ТУ (для контроля оперативного напряжения и управления выключателя);
- Субблок ТИ (для измерения параметров ячеек);
- Модем (для преобразования и передачи информации по радиоканалу типа «Motorolla»).

При возникновении аварийного события диспетчер немедленно получает об этом информацию, которая отображается в графическом виде. При штатном режиме работы РП запрос о состоянии подстанции идет 1 раз в 30 минут, а обслуживающий персонал проводит технический осмотр каждого контроллера 1 раз в 3 месяца.

Главные преимущества телемеханизации подстанций - экономия времени и затрат, высокая оперативность - позволяют при помощи дистанционного контроля и управления осуществлять в режиме реального времени мониторинг параметров энергопотребления, состояние схем электроснабжения и рабочих диапазонов работы оборудования, что дает возможность диспетчеру своевременно предупреждать аварийные ситуации, а в случае их возникновения - оповещать обслуживающий и ремонтный персонал для оперативного восстановления нормального режима работы.

Внедрение систем телемеханики на подстанциях - это, прежде всего, увеличение эффективности управления распределительными сетями, а значит, обеспечение надежного и бесперебойного электроснабжения потребителей.

Список литературы

1. Арцишевский Я. Возможность сбора и использования данных о коротких замыканиях в сети с использованием систем телемеханики / Я. Арцишевский, А. Кузьмин // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2016. - №6(39). – с. 118-121.
2. Берлин А.Н. Телекоммуникационные сети и устройства: учебное пособие. Интернет-Университет Информационных Технологий. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 319 с. : ил.
3. Казанский И.Н. Телеуправление и телеизмерение в технических системах: Методические указания к курсовому проекту. – Москва : МГИЭМ, 2003. – 29 с

СЕКЦИЯ №6.

ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)

СЕКЦИЯ №7.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)

ОСНОВНЫЕ АЛГОРИТМЫ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЯ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ

Агибалова А.И., Шакитько Т.Ю., Шаповалова А.А.

магистранты ДГТУ, РФ, г. Ростов-на-Дону

Основной целью работы было создание относительно несложной и доступной методики компьютерного термодинамического расчета диаграмм фазовых равновесий двухкомпонентных систем. Такая методика может быть использована в научных целях, например, при создании новых функциональных материалов, прогнозировании их фазового состава, микроструктуры и свойств, а также в образовательном процессе при подготовке специалистов в области физической химии, теоретического и прикладного материаловедения. В качестве основного критерия валидности методики позиционировалась приемлемая точность совпадения результатов с экспериментально построенными диаграммами состояний.

В качестве объекта исследования была выбрана система Sn-Pb, компоненты которой находят широкое применение в промышленности в качестве припоев или антифрикционных подшипниковых сплавов (бabbitов). Кроме того, этот сплав используется в хрестоматийном комплексе лабораторных работ по материаловедению в технических вузах. Он легко доступен и «всегда под рукой», например, для экспериментальных экспресс-проверок результатов термодинамического моделирования. Сплав Sn-Pb удобен для решения поставленной задачи, поскольку имеет простую эвтектическую диаграмму с практически несмешивающимися компонентами.

Для разработки и реализации компьютерной модели диаграммы состояния нами использована база термодинамических данных индивидуальных компонентов, имеющаяся в источниках [9, 10]. В качестве исходных данных взяты значения энтальпии H_0 при 0К, температурные зависимости приведенного термодинамического потенциала Φ_T^0 для кристаллического Φ_{TS}^0 и жидкого Φ_{TL}^0 состояний элемента. Программная часть модели реализована в оболочке MathCAD путем последовательного выполнения процедур вычисления:

1) значений термодинамического потенциала или энергии Гиббса G чистых компонентов в условиях постоянного давления по выражениям:

$G_S(T) = H_0 - \Phi_{TS}^0 \cdot T$ и $G_L(T) = H_0 - \Phi_{TL}^0 \cdot T$ - для кристаллического и жидкого состояний соответственно;

2) энергии Гиббса системы при фиксированной температуре:

$G_{OS}(x) = (1-x) \cdot G_S^{Sn} + x \cdot G_S^{Pb}$ - для кристаллического состояния при несмешивающихся компонентах, где в качестве переменной x принята концентрация Pb ($x=0$ при 0% Pb и $x=1$ при 100% Pb).

$G_{OL}(x) = (1-x) \cdot G_L^{Sn} + x \cdot G_L^{Pb} + \Delta G(x)$ - для жидкого раствора компонентов, где $\Delta G(x) = (1-x) \cdot E_D^{Sn} + x \cdot E_D^{Pb} - T \cdot \Delta S$ - свободная энергия смешивания, которая складывается из энергии активации диффузии атомов E_D и энтропии смешивания ΔS : $\Delta S(x) = k \cdot A \cdot \ln(A) \cdot [1 - (1-x) \cdot (1 + \ln(1-x)) - x \cdot (1 + \ln(x))]$, $E_D(T) = Z \cdot T_k \cdot [\exp(T_k / T) - \exp(T / T_k)]$, где $Z=261$ Дж/(моль·К) - координационная константа системы Sn-Pb, k и A - постоянная Больцмана и число Авогадро;

3) общих касательных к кривым $G_{OS}(x)$ и $G_{OL}(x)$, то есть линий химического потенциала компонентов системы при фиксированной температуре:


$$\frac{dG}{dx} = G_{OS}(x) = G_{OL}(x);$$

4) координат точек касания, то есть границ фазовых областей диаграммы состояния; для постоянной температуры вычисляются как нули функции y :

$$\text{root}[y(x)] = \text{root}[G_{OL}(x) - \mu(x)];$$

5) положения полученных точек касания на координатной плоскости диаграммы во всем диапазоне температур T и концентраций x , другими словами, выполнено графическое построение фазовой диаграммы системы.

В разработанной методике выражение для расчета $E_D(T)$ и значение координационной константы Z системы Sn-Pb являются новыми научными результатами, которые в научной литературе не встречаются.

На рисунке 1 для сравнения показаны расчетная и экспериментальная диаграммы состояния исследуемой системы. По значениям координат эвтектической точки можно судить о соответствии расчетной методики и эксперимента: для расчетной точки они составляют $x=0,301$ и $T=456,209$ К, для

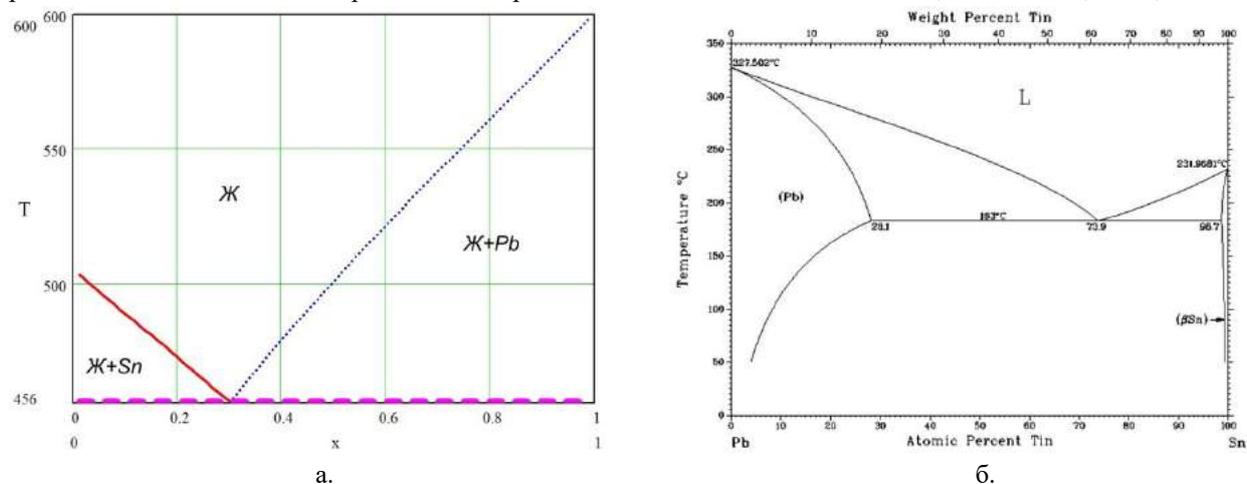


Рисунок 1 – Расчетная (а, Sn-Pb, градусы Кельвина) и экспериментальная (б, Pb-Sn, градусы Цельсия, источник [4]) диаграммы состояния

экспериментальной $x=0,38$ и $T=456$ К. Полученное совпадение представляется вполне удовлетворительным, поэтому разработанная методика компьютерного термодинамического расчета диаграмм фазовых равновесий двухкомпонентных систем может быть рекомендована для практического использования. Так, например, в работах материаловедческой научной школы ДГТУ (Ростов-на-Дону) термодинамические подходы равновесной и неравновесной термодинамики реализованы при решении широкого спектра научных задач в таких областях, как создание материалов с уникальными свойствами (структура «белого слоя» в железоуглеродистых сплавах) [6], металлофизика неравновесных фазовых переходов [5, 7], формирование защитных покрытий многофункционального назначения [3, 8], проблемы эрозионной [1, 2] и коррозионной [6] стойкости материалов и покрытий.

Список литературы

1. Варавка, В.Н. Закономерности износа стали при воздействии дискретного водно-капельного потока. Часть 1: Начальная стадия каплеударной эрозии [Текст] / В.Н. Варавка, О.В. Кудряков // Трение и износ, 2015, том 36, №1. С.89-99.
2. Варавка, В.Н. Особенности разрушения металлических сплавов в условиях устойчивой каплеударной эрозии [Текст] / В.Н. Варавка, О.В. Кудряков // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки, 2012, №3. С.45-50.
3. Варавка, В.Н. Применение нанокпозиционных покрытий для защиты энергетического оборудования от каплеударной эрозии [Текст] / В.Н. Варавка, О.В. Кудряков, А.В. Рыженков, Г.В. Качалин, О.С. Зилова // Теплоэнергетика, 2014, №11. С.29-35.
4. Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник в 3-х томах. / Под ред. Лякишева Н.П. – М: Машиностроение, 1995-2000.
5. Кудряков, О.В. Дислокационные квазидиполи и их роль в мартенситном превращении стали [Текст] // Физика металлов и металловедение. 2002. Т.94. №5. С.3-10.
6. Кудряков, О.В. Структурный критерий коррозионной стойкости "белых слоев" [Текст] / О.В. Кудряков, В.Н. Пустовойт // Материаловедение. 1998. №7. С.33-40.
7. Кудряков, О.В. Феноменология мартенситного превращения и структуры стали [Текст] / О.В. Кудряков, В.Н. Варавка – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2004. – 200 с.
8. Сапунов, С.Ю. Строение и свойства никель-цинкового покрытия на стали [Текст] / С.Ю. Сапунов, О.В. Кудряков, Н.И. Фартушный // Сталь, 2003. №11. С.94-96.

9. Термодинамические свойства индивидуальных веществ: Справочное издание в 4-х томах. – М: Наука, 1978-1982.
10. Физические величины: Справочник. / Под ред. И. С. Григорьева и Е. З. Мейлихова. – М: Энергоатомиздат, 1991. - 1232с.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДУГОВОГО ГЛУБИННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ШЛАКА ОТ ПРОИЗВОДСТВА СИЛИКОМАРГАНЦА

Куберский С.В., Проценко М.Ю., Проценко В.И.

Донбасский государственный технический университет,
Украина, г. Алчевск

В настоящее время созданы теоретические основы и разработана технология дугового глубинного восстановления (ДГВ) элементов в железоуглеродистые расплавы для их рафинирования, раскисления-легирования, гомогенизации и нагрева [8, 4]. Данный метод был успешно реализован для десульфурации чугуна магнием и кальцием восстанавливаемыми непосредственно в жидкий металл из их оксидов входящих в состав различных отходов производства, вторичных материалов и недефицитного сырья (магнезит, бой магнезитовых огнеупоров, доломит, известь, известняк и др.). Кроме того, на нескольких машиностроительных и литейных предприятиях для раскисления-легирования железоуглеродистых расплавов опробована технология ДГВ Mn и Si из шлака от производства силикомарганца (MnС), которая показала свою достаточно высокую эффективность в сравнении с традиционной технологией предусматривающей использование для этих целей дорогостоящих ферросплавов и лигатур. Одним из основных преимуществ метода ДГВ является ресурсосбережение вследствие использования в качестве шихты бедных руд, шлаков, шламов, отходов и вторичных материалов для замены дорогостоящего первичного рудного сырья. Кроме того, более низкая себестоимость такого вида обработки позволяет получить значительный экономический эффект [5-7].

Принципиальная схема реализованных в настоящее время технологий обработки расплавов по методу ДГВ, в индукционной сталеплавильной печи (ИСТ), представлена на рисунке 1 и предусматривает использование одного рудно-восстановительного блока (РВБ), а для зажигания дуги в расплав дополнительно вводится графитовый контактный элемент в виде цилиндрического стержня или параллелепипеда.

Наиболее важными технологическими параметрами метода ДГВ являются степень и скорость извлечения элементов, расход электроэнергии как основной затратной статьи в себестоимости процесса, скорость и эффективность нагрева расплава заглубленной дугой, себестоимость обработки и др.

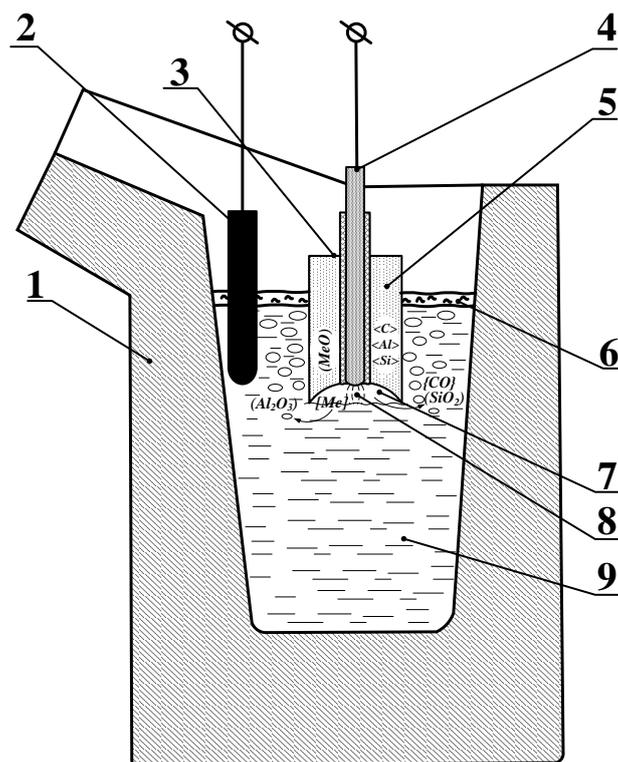


Рис. 1. Схема обработки расплавов по методу ДГВ в ИСТ: 1 – тигель индукционной печи; 2 – графитовый контактный электрод; 3 – рудно-восстановительный блок; 4 – комбинированный токоподводящий электрод; 5 – рудно-восстановительная смесь; 6 – шлак; 7 – пусковая полость; 8 – электрическая дуга; 9 – обрабатываемый расплав

Одним из недостатков, выявленных при реализации метода, является невысокая скорость восстановления элементов, что в первую очередь обусловлено относительной бедностью по их содержанию использованных отходов. При переработке шлака от производства МнС, содержащего 13-30% МнО, этот показатель находился в среднем на уровне 0,01 %/мин для каждого из извлекаемых элементов. Поэтому за 10-30 мин внепечной обработки расплав дополнительно насыщался Мп и Si на величину 0,1-0,3%. Такого содержания отмеченных элементов в стали вполне достаточно для ее раскисления, а для обеспечения более высоких концентраций Мп и Si в металле необходимо усовершенствование технологии с целью увеличения скорости извлечения полезных элементов в расплав.

Анализ используемой технологической схемы показал, что эффективным решением отмеченного недостатка может быть замена применяемого для образования дуги графитового контактного элемента на второй РВБ. В случае использования технологии ДГВ на предприятиях, имеющих в составе технологического оборудования дуговые печи, для обработки может использоваться их система электродержателей, в которую вместо графитовых электродов устанавливается три РВБ для обработки расплава с целью его раскисления, легирования, рафинирования, нагрева и перемешивания.

Для подтверждения выдвинутой гипотезы в лабораторных условиях была проведена серия экспериментов по одновременной обработке железоуглеродистого расплава в ИСТ методом ДГВ двумя РВБ (рис. 2).

Погружение блоков в расплав осуществлялось с помощью специальных устройств фото и принципиальная схема которых представлены на рисунке 3.

Базовым компонентом рудно-восстановительной смеси (РВС), использованных РВБ, был шлак от производства МнС, ее состав, конструкция и состав комбинированных электродов (КЭ) и самого РВБ, а также основные температурные и энергетические параметры обработки были выбраны на основании оптимальных значений технологических и конструктивных параметров метода ДГВ установленных в ходе предыдущих исследований [1-4, 8] и рекомендованных для обеспечения максимальной степени и эффективности извлечения Мп.

Кремний в технологии переработки шлака от производства МнС методом ДГВ является побочным

продуктом, и создание условий для его эффективного извлечения не входило в перечень решаемых задач. Тем не менее, было отмечено, что эффективность нового метода существенно возрастает при увеличении степени извлечения Si, так как создаются условия для сокращения расхода дорогостоящих кремниевых ферросплавов.

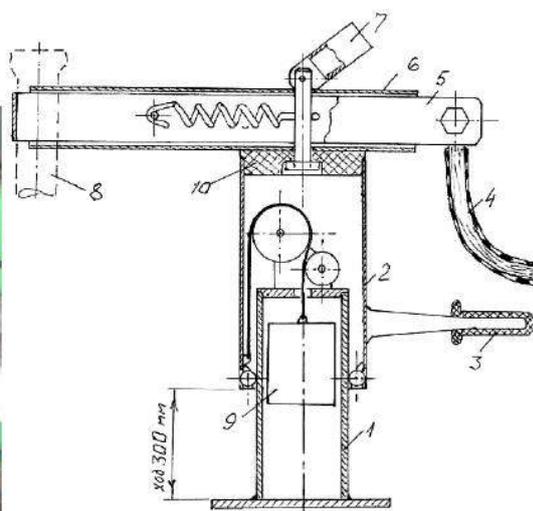


Рис. 2. РВБ в резервной позиции (а, б) и обработка расплава двумя РВБ в ИСТ (в, г):
1 – ИСТ; 2 – устройства для погружения РВБ в расплав; 3 – РВБ; 4 – отходящие в процессе обработки газы

Для сравнительного анализа ТЭП обработки расплава по методу ДГВ с использованием различного количества РВБ было проведено 4 опытных плавки, на которых для насыщения металла Mn и Si в него одновременно погружалось два РВБ. При проведении экспериментов температура расплава перед обработкой была больше 1500 °С (1524-1645 °С), диаметр РВБ 55 мм, отношение площади поперечного сечения РВБ к площади поперечного сечения КЭ 9,4, сила переменного тока 250 А, удельная мощность подводимая в зону горения электрической дуги 4,1-5,7 Вт/мм² площади поперечного сечения РВБ (39-53 Вт/мм² площади поперечного сечения КЭ), основность РВС 1,4, содержание магнезита в электродной смеси 12,5%, скорость расходования РВБ 0,37-0,50 мм/с.



а)



б)

Рис. 3. Фото (а) и эскиз (б) устройства для обработки расплава по методу ДГВ в индукционной печи: 1, 2 – несущая труба; 3 – ручка; 4 – кабель; 5 – шинопровод; 6 – рукав; 7 – рычажный фиксатор рукава; 8 – держатель блока; 9 – противовес; 10 – эбонитовый изолятор

Практически все рекомендованные в работах [1-4, 8] параметры были выдержаны за исключением скорости расходования РВБ и величины удельной мощности подводимой в зону горения электрической дуги ($\text{Вт}/\text{мм}^2$ площади поперечного сечения КЭ) значения которых имели незначительные отклонения.

Практически все рекомендованные в работах [1-4, 8] параметры были выдержаны за исключением скорости расходования РВБ и величины удельной мощности подводимой в зону горения электрической дуги ($\text{Вт}/\text{мм}^2$ площади поперечного сечения КЭ) значения которых имели незначительные отклонения.

Полученная на плавке №4 скорость расходования РВБ 0,37 мм/с обусловлена более плотной формовкой блока, а на плавке №3 – 0,50 мм/с более высокой начальной температурой обработки расплава (1645 °С). Однако отклонение этого параметра не оказало существенного влияния на экономическую эффективность процесса и снижение суммарных затрат на этих плавках в сравнении с обработкой ферросплавами (ФС) составило 45,2 % и 65,54 % соответственно.

Рекомендуемая в выше отмеченных работах удельная мощность подводимая в зону горения электрической дуги составляет 40-45 $\text{Вт}/\text{мм}^2$ площади поперечного сечения КЭ, однако в соответствии с установленной в работах [4, 8] зависимостью влияния подводимой мощности на размеры откальвающих фрагментов ЭС повышение мощности способствует уменьшению их размеров, что является позитивным фактором для исследуемой технологии. Уменьшение размеров откальвающих фрагментов электродной смеси будет способствовать стабилизации режима горения электрической дуги, обеспечивая меньшие колебания ее длины и более плавный переход дугового разряда на стальную трубку, что немаловажно для организации автоматизированного управления процессом. Кроме того, большая мощность на дуге способствует увеличению степени извлечения элементов (рис. 4) и для рассматриваемой плавки эта величина составила 95% для Mn и 13% Si, что в конечном итоге компенсировало повышенный расход электроэнергии в калькуляции себестоимости обработки и позволило получить снижение суммарных затрат в сравнении с обработкой ФС на 32,3 %.

Результаты рисунка 4 свидетельствуют о том, что повышение мощности на дуге оказывает положительное влияние на степень извлечения Mn как при обработке одним РВБ, так и двумя. Более высокие значения степени извлечения Mn при обработке двумя РВБ можно объяснить улучшением тепло- и массообмена в результате увеличения интенсивности перемешивания и объемов расплава вовлеченных в него за счет газообразных продуктов реакций выделяющихся в ходе реализации метода ДГВ с реакционных поверхностей двух РВБ и соответственно обеспечения более благоприятных кинетических условий для протекания восстановительных процессов.

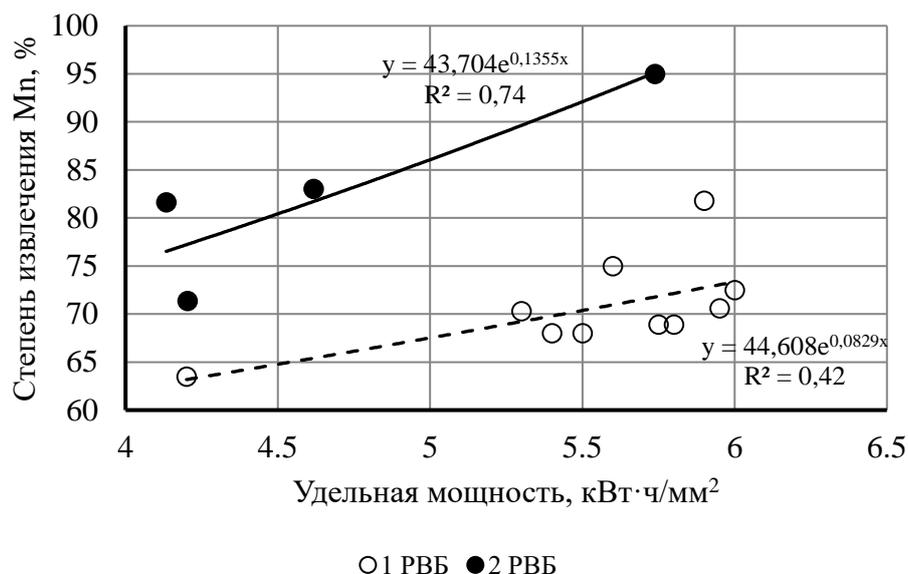


Рис. 4. Зависимости степени извлечения Mn от удельной мощности на дуге при обработке одним и двумя РВБ

Этим же можно объяснить и более высокие значения степени извлечения Mn, максимальное значение которой при обработке одним блоком составило 82%, тогда как при использовании двух блоков эта величина находилась в пределах 71,4-95%, при среднем значении 82,8% (рис. 5).

Как было отмечено выше, для эффективного извлечения Mn температура расплава перед обработкой должна быть не ниже температуры восстановления его из силиката с учетом протекания процесса в объеме обрабатываемого расплава. Повышение температуры увеличивает степень извлечения, однако требует больших энергетических затрат. Тем не менее, для увеличения степени извлечения Si этот параметр может быть одним из основных управляющих факторов.

Так при начальной температуре расплава 1645 °С, очень близкой к температуре восстановления Si в условиях заглубленного в объем металла дугового разряда (1653°С), отмечена высокая степень его извлечения из РВС (46,7%) со скоростью 0,04 %/мин (рис. 6), а степень извлечения Mn для этих условий составила 83%. При этом удельный расход электроэнергии на процесс составил 0,496 кВт·ч/моль, что практически в 3 раза меньше среднего значения этой величины характерного для обработки одним РВБ, которая составляет 1,419 кВт·ч/моль и в 2,5 раза меньше удельного расхода электроэнергии характерного для обработки двумя блоками при начальной температуре обрабатываемого расплава в пределах 1524-1562 °С средняя величина которого имеет значение 1,245 кВт·ч/моль (рис. 7).

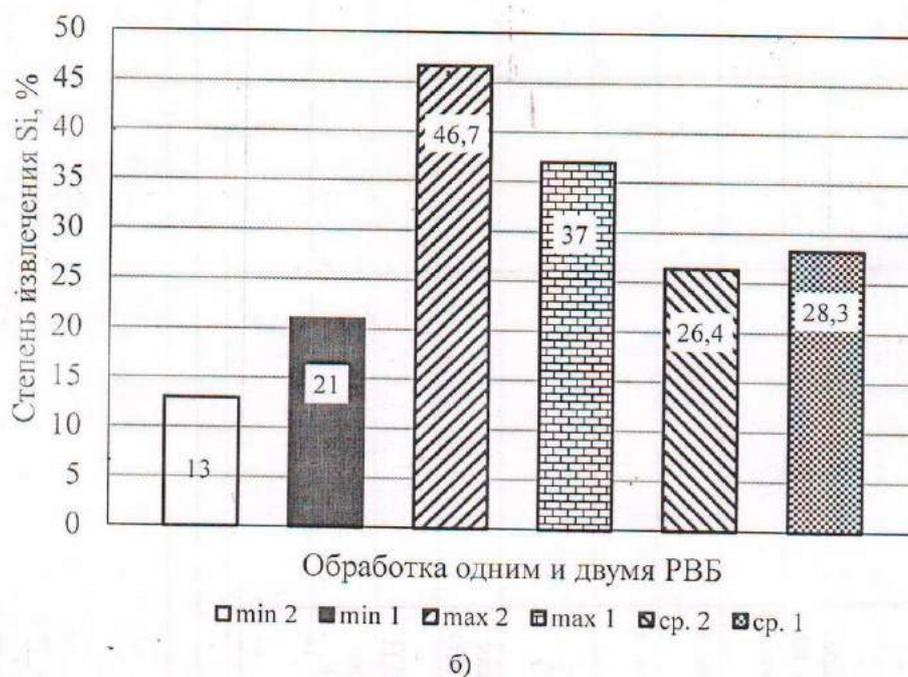
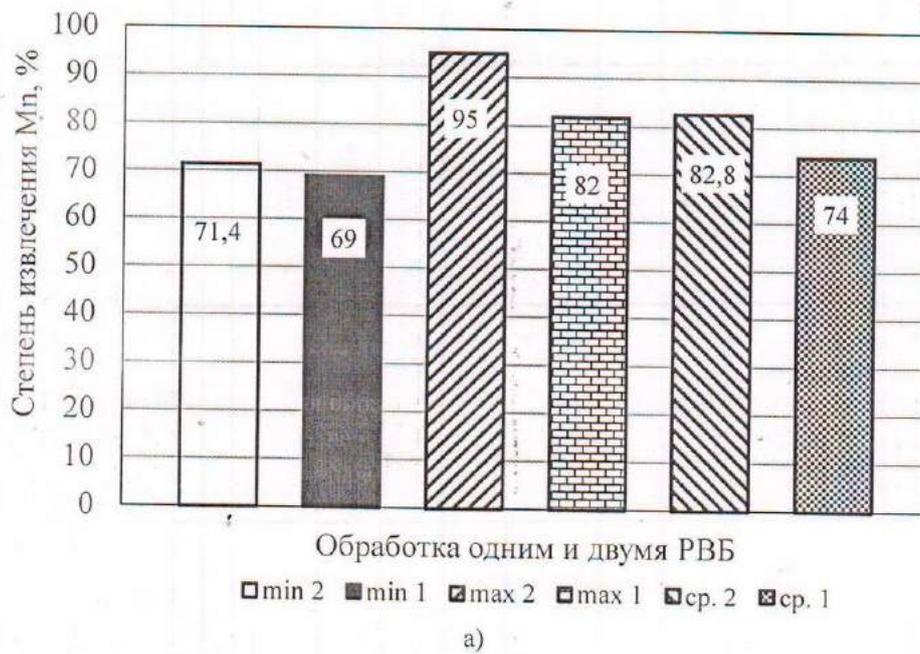


Рис. 5. Пределы и средние значения степени извлечения Mn (а) и Si (б) при обработке одним и двумя РВБ

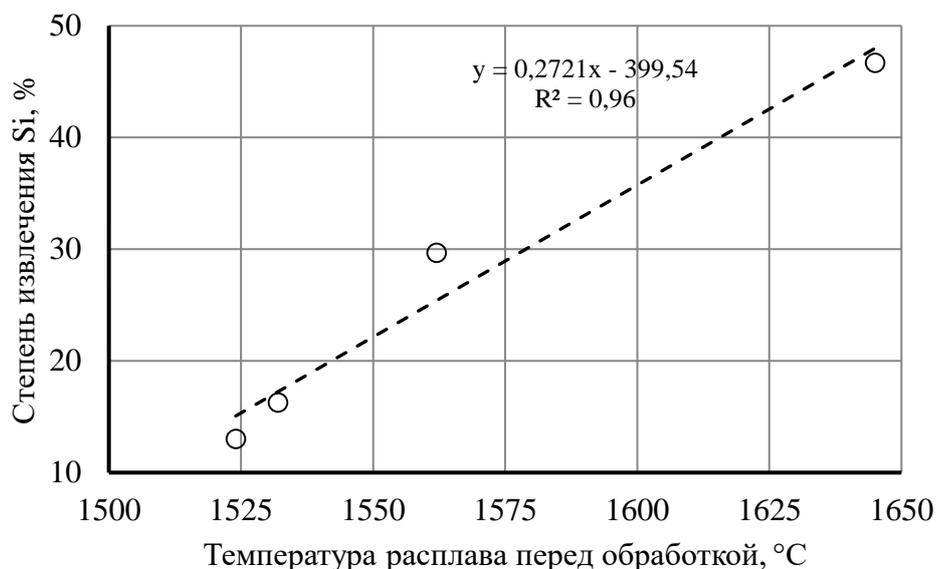


Рис. 6. Влияние температуры расплава перед обработкой на степень извлечения кремния

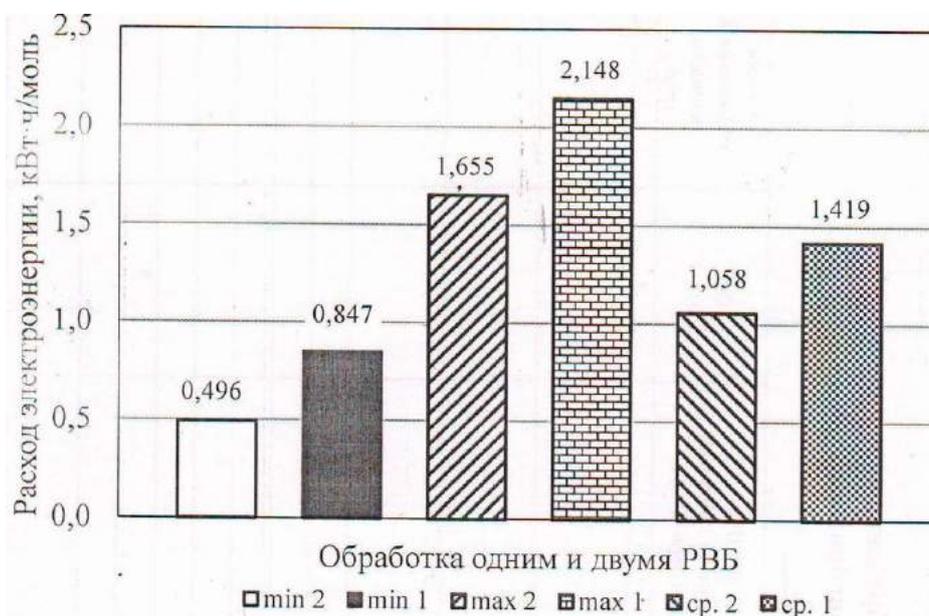


Рис. 7. Пределы и средние значения удельных энергозатрат на извлечение суммарного количества Mn и Si при обработке одним и двумя РВБ

На основании вышеизложенного можно утверждать, что расплавы, в которых необходимо иметь большее содержание Mn нужно обрабатывать при меньшей начальной их температуре и, наоборот, в случае необходимости обеспечения высокого содержания Si в металле начальная температура расплава должна быть не менее 1650 °C.

На рисунке 8 представлены значения скорости извлечения Mn и Si в расплав. Как и ожидалось, замена графитового контакта вторым РВБ позволила в 2 раза увеличить величину этого параметра, что является важным фактором в случае необходимости обеспечения высокого содержания легирующих элементов в расплаве в условиях ограниченного времени внепечной обработки.

Согласно данным рисунка 8 скорость извлечения Mn и Si практически одинаковы, несмотря на тот факт, что степень извлечения Mn почти в 3 раза превышает степень извлечения Si. Однако это легко объясняется составом РВС в которой содержание SiO₂ в 4-7 раз превышает содержание оксида MnO.

Следующим важным параметром, исследованным в данной работе, является скорость нагрева расплава. Данные рисунка 9 свидетельствуют о значительном улучшении теплового баланса при обработке металла двумя РВБ, при которой средняя скорость нагрева ванны возрастает практически на 30%. Это

может быть связано с отмеченным выше усилением барботажа ванны отходящими из реакционной зоны газами, когда улучшаются условия переноса тепла к нижним объемам расплава и меньшее его количество теряется через зеркало металла. Кроме того, большой экранирующий эффект оказывает второй РВБ в сравнении с используемым ранее контактным электродом.

Экономическую эффективность нового способа обработки железоуглеродистого расплава оценивали сравнением разницы между затратами имеющими место при реализации внепечного раскисления-легирования по методу ДГВ с использованием одного и двух РВБ, а также базовой технологии предусматривающей применение марганцевых и кремнийсодержащих ФС. На рисунке 10 показана экономическая эффективность различных технологических схем обработки железоуглеродистых расплавов свидетельствующая о значительных преимуществах способа обработки железоуглеродистых расплавов двумя РВБ не только в сравнении с базовой технологией, но и с технологией ДГВ предусматривающей использование одного РВБ.

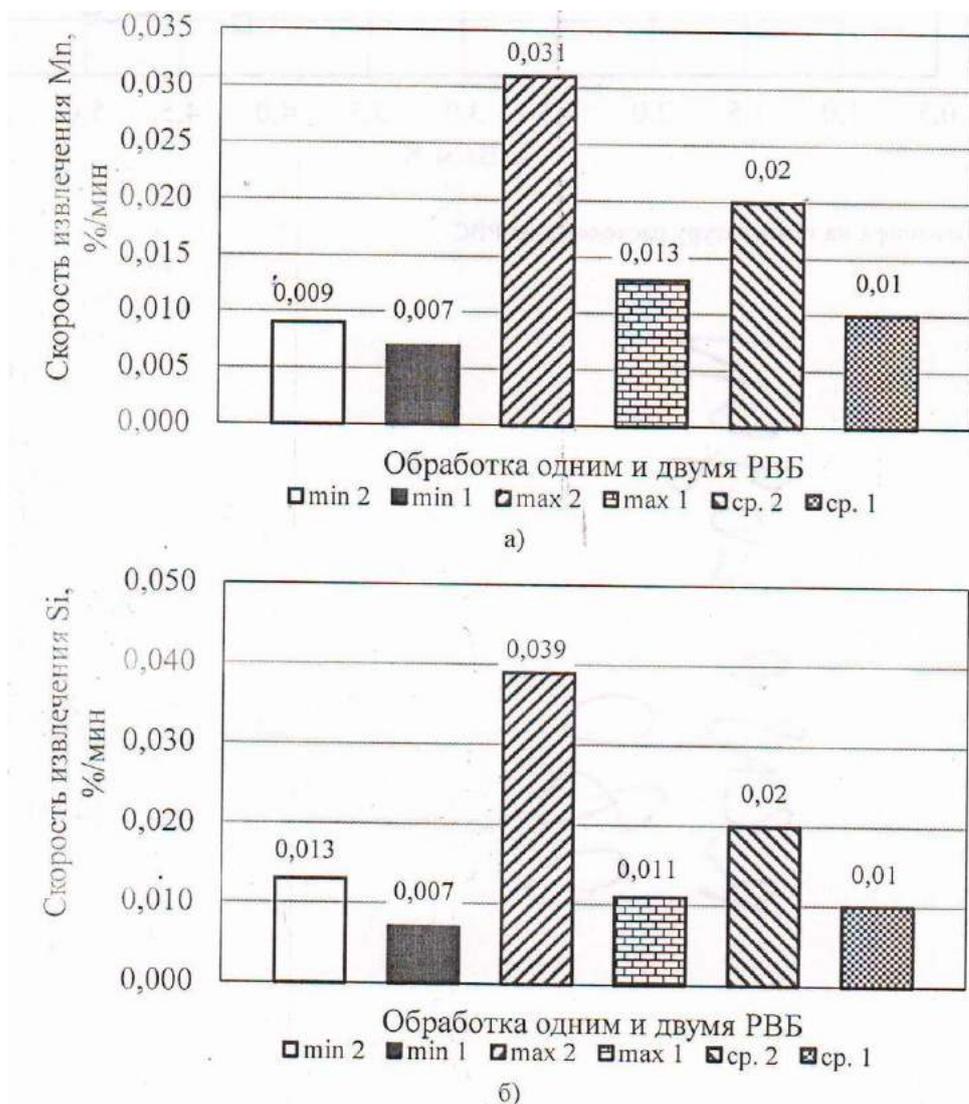


Рис. 8. Пределы и средние значения скорости извлечения Mn (а) и Si (б) при обработке одним и двумя РВБ



Рис. 9. Пределы и средние значения скорости нагрева расплава при обработке одним и двумя РВБ

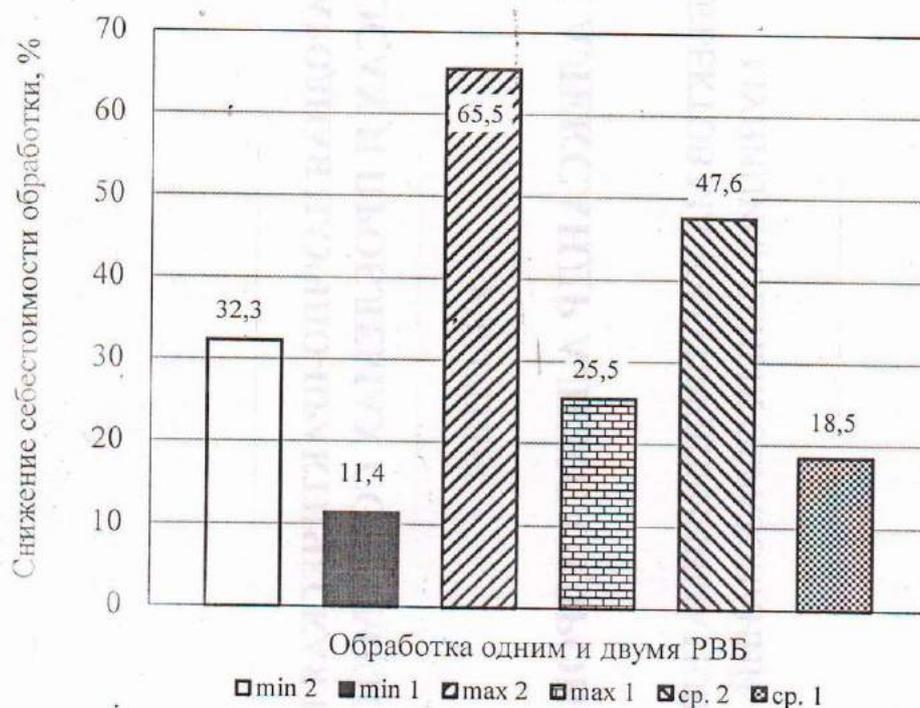


Рис. 10. Пределы и средние значения снижения себестоимости обработки при использовании одного и двух РВБ

Снижение затрат на обработку расплава по методу ДГВ с одновременным использованием двух блоков обусловлено значительным улучшением практически всех параметров обработки исследованных в ходе проведенных экспериментов.

Установлено, что при обработке железуглеродистых расплавов по методу ДГВ с использованием двух РВБ повышается степень и скорость извлечения полезных элементов, а также скорость нагрева расплава заглубленным в его объем дуговым разрядом, что наряду со снижением расхода электроэнергии способствует значительному уменьшению затрат на обработку в сравнении с базовыми технологиями. Полученные зависимости степени извлечения Mn от удельной мощности на дуге и кремния от температуры расплава перед обработкой подтверждают ранее установленные связи между этими параметрами при обработке одним РВБ. Однако в случае использования двух РВБ степень извлечения Mn значительно возрастает. Улучшение значений рассмотренных параметров связано со значительным изменением гидродинамики ванны, условий тепло- и массообмена за счет выделения большего количества реакционных газов и дополнительного экранирующего эффекта создаваемого вторым РВБ.

Использование двух РВБ при обработке железуглеродистых расплавов по методу ДГВ обеспечивает повышение степени извлечения Mn в среднем на 8,8%, скорости насыщения расплава Mn и Si

в 2 раза, скорости нагрева расплава заглубленным в его объем дуговым разрядом на 30%, а также снижению расхода электроэнергии в 1,5 раза в сравнении с обработкой по одноблоковой схеме. Среднее снижение себестоимости внепечной обработки расплава составляет 47,6% в сравнении с базовой технологией предусматривающей использование ферросплавов для раскисления и легирования металла.

Список литературы

1. Куберский, С.В. Анализ технологических параметров обработки металла методом дугового глубинного восстановления марганца [Текст] / С.В. Куберский и др. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Металургія». — Донецьк: ДонНТУ, 2013. — №1 (16)-2(17). — С. 96–106.
2. Куберский, С.В. Влияние состава рудно-восстановительных смесей на основе силикомарганцевого шлака на степень извлечения марганца и кремния [Текст] / С.В. Куберский // Металл и литье Украины. — 2015. — № 12. — С.3–6.
3. Куберский С.В. Влияние состава рудно-восстановительной смеси на эффективность дугового глубинного извлечения элементов из силикомарганцевого шлака / С.В. Куберский, М.Ю. Проценко // Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра: матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції. — К.: НТУУ «КПІ», 2015. — С. 497–507. — [Електрон. ресурс]. — https://www.science-community.org/en/system/files/Conference_Info_21_04_2015.pdf
4. Куберский С.В. Внепечная обработка расплавов методом дугового глубинного восстановления [Текст] : монография / С.В. Куберский, А.Н. Смирнов, М.Ю. Проценко. — LAMBERT Academic Publishing, Германия, 2014. — 116 с.
5. Проценко, М.Ю. Использование отходов ферросплавного производства для легирования металла методом дугового глубинного восстановления [Текст] / М.Ю. Проценко и др. // Металл и литье Украины. — 2010. — № 9–10. — С. 54–57.
6. Проценко, М.Ю. Сравнение эффективности легирования металла ферросплавами и методом дугового глубинного восстановления [Текст] / М.Ю. Проценко, С.В. Куберский, В.С. Эссельбах // Сборник научных трудов ДонГТУ. — Алчевск: ДонГТУ, 2011. — № 35. — С. 211–220.
7. Проценко, М.Ю. Сравнительный анализ эффективности легирования металла методом дугового глубинного восстановления и ферросплавами [Текст] / М.Ю. Проценко и др. // Сборник научных трудов конференции «Инновационные технологии внепечной металлургии чугуна и стали». — Донецк: ДонНТУ, 2011. — С. 143–151.
8. Электродуговая и электромагнитная обработка расплавов [Текст] : монография / А.Н. Смирнов и др. — Алчевск: ДонГТУ, 2013. — 320 с.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРШНЕВОГО ЗАЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА

Прудников А.Н., Прудников В.А.

СибГИУ, РФ, г. Новокузнецк

При производстве деталей из деформируемых сплавов одной из ответственных технологических операций является получение деформируемой заготовки или полуфабриката. Особую актуальность приобретает этот процесс при работе с малопластичными или недеформируемыми сплавами, в том числе заэвтектическими силуминами и чугунами. Зачастую для получения качественной деформированной заготовки или детали применяют термоциклическую обработку (ТЦО) и деформационную термоциклическую обработку (ДТЦО) [2-3,7,9-10]. Кроме того, разработанные в настоящее время режимы ТЦО и ДТЦО с успехом используются для улучшения механических, физических и других свойств различных материалов [3,5,6,8]. Поэтому целью работы является выбор вида деформации и оптимизация технологических параметров процесса деформирования слитков полунепрерывного литья из поршневого заэвтектического силумина для группы оборудования ОАО «СМК» (г. Ступино), используемой для изготовления и обработки промышленных поршней.

Металлографические исследования структуры слитков, заготовок и деформируемых полуфабрикатов проводили на оптических микроскопах ММУ-3 и ЛабоМет-И1. Механические свойства определяли по ГОСТ 1497-84 на цилиндрических образцах с диаметром рабочей части 6 мм. Для измерения твердости образцов использовали прибор ТШ-2Б.

Основой поршневого заэвтектического силумина являлась система Al-(18-20) % Si, легированная медью – 0,6-1,0 %, магнием – 0,5-1,0 %, марганцем – 0,8-1,0 %. Для модифицирования структуры слитков использовали обработку расплава смесью, включающей фосфористую медь, борную кислоту и оксиды железа (III) и никеля (III) [4]. Диаметр слитка составлял 165 мм, а его длина после обрезки головной и донной частей 500÷700 мм.

В процессе отработки технологии деформации силуминовых слитков были определены интервалы максимальной пластичности для литого и деформированного состояний, которые составили 500°C и 450°C соответственно. Причем после деформации силумина (ковка, прессование) температурный диапазон максимальной пластичности существенно расширяется [1,9]. Поэтому была выбрана технология получения поршневой заготовки с использованием метода объемной штамповки на гидравлическом прессе с предварительной термоциклической осадкой слитков. Был определен наиболее рациональный диаметр контейнера под прессование – 300 мм.

Для определения предельной степени деформации при осадке поршневого заэвтектического силумина из слитка были изготовлены образцы диаметром 25÷30 мм и длиной 75 мм (соотношение длины образца к диаметру составляет 2,5÷3). Образцы нагревали до температур 370-500 °С, выдерживали 3 часа и осаживали при этой температуре на вертикальном гидравлическом прессе усилием 1,25 МН до появления первой трещины по бочке. Было установлено, что предельная степень деформации для литого и гомогенизированного образца из легированного заэвтектического силумина составляет 10÷15 % и зависит от температуры осадки. Для предварительно деформированного сплава она может достигать 35 %.

С учетом полученных результатов был разработаны термокинетические параметры термоциклической осадки опытных слитков. Перед термоциклической осадкой заготовки, полученные из слитков, нагревали и выдерживали в печи сопротивления в течение 4-х часов при температуре 480-500 °С. Цель этой выдержки – гомогенизация структуры литого силумина, повышение пластичности слитков и их полный прогрев. Осадку проводили на вертикальном гидравлическом прессе усилием 90 МН. После деформации в каждом цикле проводили подогрев заготовки до температуры осадки и выдержку в течение 1 ч для снятия наклепа. Для данного химического состава и диаметра слитков количество циклов осадки находится в пределах 4-5 в зависимости от длины слитка. Степень относительного сжатия и размеры заготовки по циклам при осадке слитков из поршневого заэвтектического силумина приведены в таблице 1. Температура нагрева в цикле составляла 480-500 °С, степень обжатия в первом цикле – не более 15 %, для каждого типоразмера слитка она показана в таблице 1, и равна 10÷13 %. Суммарная степень относительного сжатия для каждого типоразмера слитков составляла 53÷60 %, а диаметр конечной заготовки после всего процесса термоциклической осадки – 275 ÷ 285 мм (см. таблица 1).

Таблица 1 – Степень относительного сжатия и размеры заготовок по циклам при осадке слитков диаметром 165 мм из поршневого заэвтектического силумина

Исходная заготовка, мм		Циклы осадки					
		1			2		
h	d	ε, %	h, мм	d, мм	ε, %	h, мм	d, мм
450	165	11	400	176	15	340	192
500	165	12	440	173	16	370	185
600	165	13	522	185	17	434	204
650	165	10	585	180	15	498	196
700	165	10	630	179	15	536	197

Продолжение таблицы 1

Циклы осадки								
3			4			5		
ε, %	h, мм	d, мм	ε, %	h, мм	d, мм	ε, %	h, мм	d, мм
18	280	315	29	200	275	-	-	-
18	300	207	33	200	279	-	-	-
20	347	230	22	278	252	25	223	285

17	414	218	21	327	246	25	245	280
17	445	220	20	356	250	22	278	278

После проведения термоциклической осадки заготовки из поршневого силумина были успешно пропрессованы на пруток диаметром 100 мм на горизонтальном гидравлическом прессе усилием 70 МН с контейнером 300 мм прямым способом по следующему режиму: скорость прессования – 0,05±0,1 м/мин; температура прессования – 440±450 °С; время выдержки при температуре перед прессованием – 4 ч. Коэффициент вытяжки составлял –9.

Исследование микроструктуры слитков литья, осажённых заготовок и прессованных прутков из поршневого заэвтектического силумина показало, что с увеличением степени деформации при горячей обработке давлением происходит измельчение кристаллов первичного кремния, увеличение объёмной доли α -твёрдого раствора алюминия за счёт снижения количества эвтектической составляющей, которая приобретает глобулярное строение. Определение механических свойств образцов из опытного сплава в литом состоянии, после осадки и прессования приведены в таблице 2 и находятся в соответствии с изменениями микроструктуры заготовок. Видно, что обработка давлением заэвтектических силуминов повышает их механические характеристики тем в большей мере, чем выше суммарная степень деформации заготовки. Так, прессованный полуфабрикат из поршневого заэвтектического силумина имеет значение временного сопротивления разрыву на 40 % выше, чем у слитка полунепрерывного литья.

Таблица 2 – Влияние горячей деформации на механические свойства поршневого заэвтектического силумина

Состояние	Механические характеристики		
	σ_B , МПа	δ , %	НВ, МПа
Слиток, диаметр 165 мм	150	1,2	1050
Заготовка после осадки	181	1,5	970
Прессованный пруток, \varnothing 100 мм	213	2,6	868

Таким образом, показана возможность прессования слитков полунепрерывного литья диаметром более 150 мм из поршневого заэвтектического силумина за счёт использования предварительной термоциклической осадки и рационального подбора режима деформации. Увеличение суммарной степени пластической деформации приводит к повышению механических характеристик поршневых заэвтектических силуминов (σ_B , δ).

Список литературы

1. Федюкин В.К., Смагоринский М.Е. Термоциклическая обработка металлов и деталей машин/. – Л.: Машиностроение, 1989.– 255 с.
2. Прудников А.Н. Комплексное воздействие отжига и термоциклическойковки на структуру и свойства заэвтектических силуминов // Деформация и разрушение материалов.– 2014.– № 2.–С.14 – 20.
3. Prudnikov A.N., Prudnikov V.A Hardening low carbon steel 10 by using of thermalcyclic deformation and subseautent heat treatment // Materials science. Nonequilibrium pahse transformations. – 2016. – №4. – pp. 10-13.
4. Прудников А.Н. Структурно-технологические основы разработки прецизионных силуминов с регламентированным содержанием водорода / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.16.09 / НГТУ, Новосибирск, 2013. – 40 с.
5. Прудников А.Н. Структура и свойства жаропрочного силуминового поршня с высоким содержанием кремния// Изв. ВУЗов. Черная металлургия.– 2009.– № 8.– 28-30.
6. Прудников А.Н. Прудников В.А Влияние термоциклическойковки и последующего отжига на коэрцитивную силу и линейное расширение стали 10 // Актуальные проблемы в машиностроении: – 2016.– № 3.– С. 451-456.
7. Prudnikov A.N. Deformable heatproof transeutectic silumin for pistons// A.N. Prudnikov // Steel in Translation. – 2009. – Т. 39. – № 6. – С.456-459.
8. Прудников А.Н. Поршневые деформируемые заэвтектические силумины // Технология металлов.– 2014.– № 2.– С. 8 - 11.

9. Прудников А.Н. Исследование комплексного модифицирования заэвтектических силуминов с содержанием кремния 20...30 % фосфидами и оксидами некоторых металлов // Изв. ВУЗов. Цветная металлургия.– 1995.– № 2.–С. 38-41.

10. Афанасьев К.В., Прудников А.Н., Перетяшко В.Н. Оценка пластичности и сопротивления деформации заэвтектического поршневого силумина // Изв. ВУЗов. Цветная металлургия.– 2003.– № 2.– С. 23-25.

СЕКЦИЯ №8.

ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00)

СЕКЦИЯ №9.

АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)

СЕКЦИЯ №10.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ 25-ЭТАЖНОГО ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ САПР ПК МОНОМАХ

Авдониин В.В., Гунин Р.В., Юркин Ю.В., Буравлев В.Ф., Исупов С.А.

ВятГУ, РФ, г. Киров

В проектировании и строительстве высотных зданий применяются разнообразные конструктивные решения, принимаемые проектировщиками в зависимости от различных факторов:

- функционального назначения;
- высоты здания;
- природно-климатических условий;
- комплексной безопасности высотных зданий;
- градостроительной ситуации;
- архитектурно-планировочных решений;
- архитектурно-композиционных требований;
- инженерно-технических систем и оборудования.

Важное значение имеют четыре первых фактора, остальные во многом зависят от конкретных условий строительства.

В данной работе было рассмотрено проектирование фундаментной плиты 25-этажного здания высотой 79 м, что является высотным зданием по Российским нормам.

Моделирование и расчет здания производился с помощью программного комплекса ПК МОНОМАХ САПР с учетом сбора нагрузок на конструкцию здания и соблюдением всех норм и правил (рис. 1-2).

Задачей исследования было расчет фундамента высотного здания на естественном основании (результаты представлены на рис. 3).

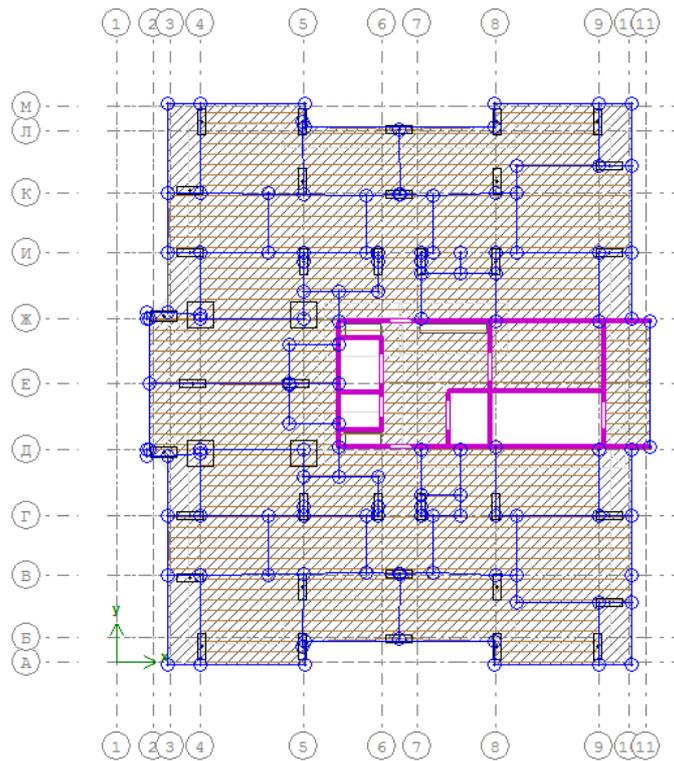


Рисунок 1 – Фрагмент плана типового с 1-20 этажа с постоянной нагрузкой

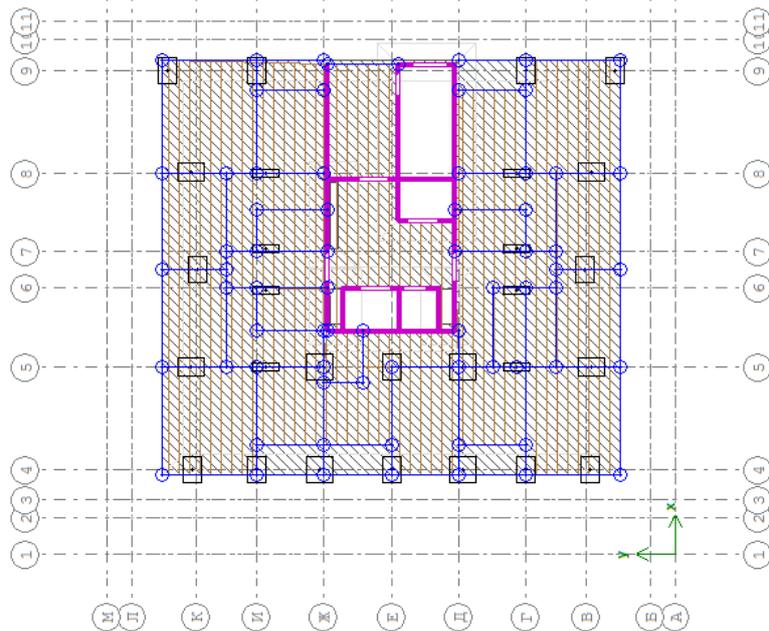


Рисунок 2 - Фрагмент плана типового с 21-25 этажа с постоянной нагрузкой

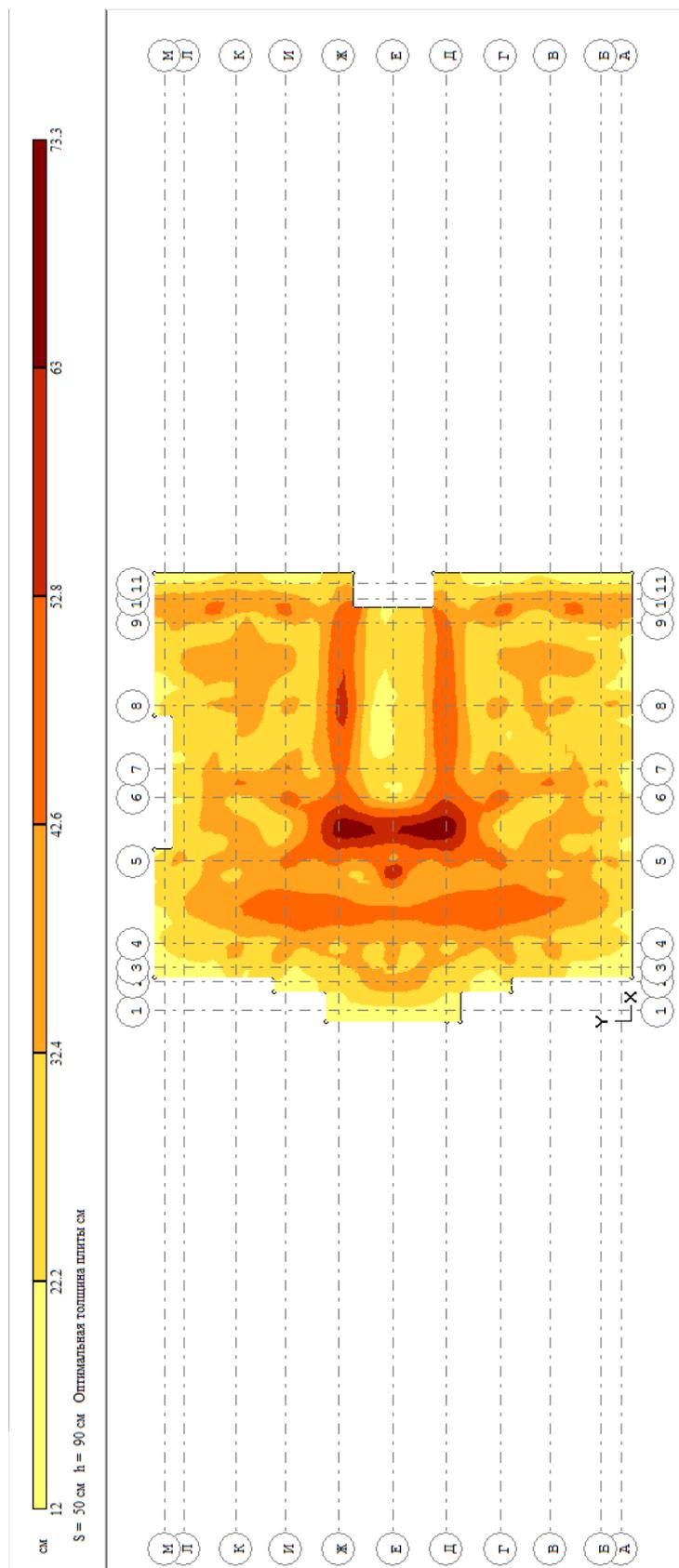


Рисунок 3— Оптимальная толщина плиты

Максимальная оптимальная толщина (рисунок 4) 733 мм. Градация значений моментов M_x в пределах от -59.7 тс·м до 152 тс·м, M_y – от -44.9 тс·м до 138 тс·м. По результатам расчёта конструируем фундаментную плиту. Фундаментную плиту армируем стержнями диаметром 36 мм с шагом 200 мм по нижнему поясу плиты и стержнями диаметром 32 мм с шагом 200 мм по верхнему поясу.

В данном проекте перемещения фундаментной плиты находятся в допусках СП, но в случае недопустимой осадки, необходимо провести мероприятия по укреплению грунтов или перейти к другой конструктивной схеме фундаментов. Была выполнена научная работа по стабилизации грунтов, которые способствуют увеличению несущей способности грунта.

Один из способов увеличения является стабилизация грунта с помощью вяжущих с добавлением химических добавок.

При выполнении исследований использовали несвязный грунт, основные характеристики которого представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства грунта

№	Наименование показателя	Значения
1	Разновидность грунта	суглинок
2	Максимальная плотность скелета грунта, г/см ³	1,85
3	Оптимальная влажность, W _{opt} , %	10
4	Модуль крупности	1,35
5	Содержание пылевидных и глинистых частиц (P _{0тм}), %	8,4

Подготовку грунта проводили согласно п. 6.1 ГОСТ 22733-2002 «Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности».

В работе в качестве неорганического вяжущего использовался цемент для строительных растворов по ГОСТ 25328 марки М500 бездобавочный. При укреплении песчаных грунтов цементом рекомендуются добавки неорганических или органических химических веществ, которые помимо физико-химического и химического взаимодействия с поверхностью частиц грунта способствуют также заполнению пор грунта. В качестве химических добавок нами применялись следующие материалы: сода кальцинированная марки Б по ГОСТ 5100-85, глицерин по ГОСТ 6824-96. Основные свойства данных препаратов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Свойства химических добавок

Свойства материалов	Свойства химических добавок	
	Сода	Глицерин
Химический состав	Na ₂ CO ₃	C ₃ H ₅ (OH) ₃
Внешний вид	бесцветные кристаллы, растворимые в воде	бесцветная, вязкая жидкость, неограниченно растворимая в воде

Формование образцов осуществляли путем выдерживания смеси под давлением 15 МПа на прессе в течение 3 мин. Последовательность операций была определена соответствии с ГОСТ 22733-77. Образцы хранились в течение 28 суток в эксикатор, обеспечивающем постоянную влажность. По окончании периода созревания изучения влияние содержания химических добавок на прочность укрепленного грунта в естественно-сухом и водонасыщенном состоянии. Перед испытанием в водонасыщенном (стоянии образцы укрепленного грунта погружали в воду для водонасыщения на 48 часов).

При подборе состава смеси расход воды определяли экспериментально, исходя условия, что оптимальная влажность формования соответствует получению образцов) наибольшей прочностью (рис. 4).

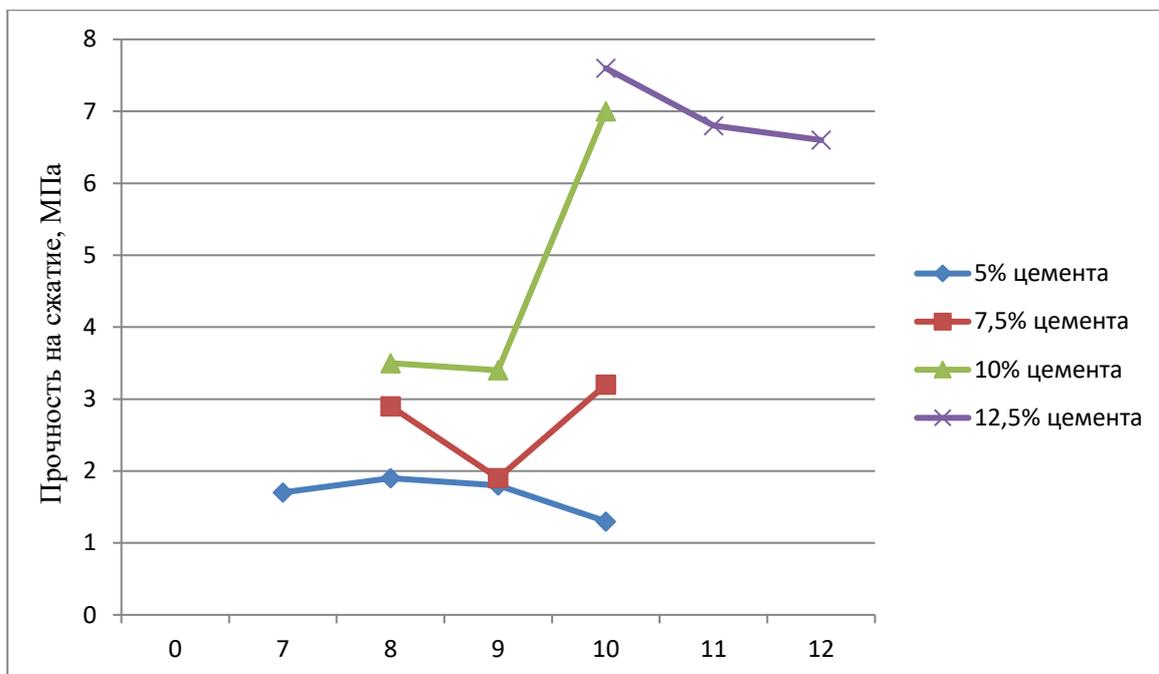


Рисунок 4 - Зависимость изменения прочности на сжатие в естественно сухом состоянии образцов из несвязного грунта с цементом от влажности при уплотнении

Выводы

1. В результате выполненных работ запроектирован оптимальный вариант фундамента высотного зданий – плита – с использованием САПР ПК МОНОМАХ.
2. Разработаны составы для улучшения грунтов с использованием комплексных добавок.

АРХИТЕКТУРНАЯ КОЛОРИСТИКА В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Гончарова Т. В., Лапунова К. А.

АСАДГТУ, РФ, г. Ростов-на-Дону

Аннотация: в статье рассмотрены основные характеристики цвета, его применение в архитектурной и градостроительной деятельности. Сравниваются колористические приемы на примере стилей в архитектуре.

Ключевые слова: колористика, городская среда, строительные материалы, визуальное восприятие, цвет, цветовая гамма.

Архитектурная колористика городской среды – совокупность приемов и методов формирования гармоничного облика, всех совместно визуально воспринимаемых объектов на городских территориях как природных, так и искусственных [5]. Она должна учитываться не только при разработке новых архитектурных ансамблей, но и в уже существующей городской застройке.

Изначально природная цветовая среда обладает предпосылками эволюции, такими как разнообразие, динамика, цикличность. Объекты из природных материалов легко вписываются в природный цветовой контекст, но с введением в природное окружение искусственных форм появляется необходимость в их цветовой реакции.

В последнее время в колористике усилился социально – психологический аспект цветовосприятия, выражаемый в языке цветов [1]. Так как цвет — это мощный инструмент воздействия не только на зрительное восприятие тех или иных объектов архитектурной среды, но один из сильнейших факторов, влияющий на психическое состояние человека. В цветовом образе скапливается нечто вроде группы свойств различных предметов и цветов, что делает цвет одним языком для всего мира, на котором сам того не подозревая, говорит и думает каждый из нас. Зная о положительных сторонах цвета, человек с давних

времени активно использовал их в различных отраслях своей жизнедеятельности, архитектура не является исключением.

В колористике основными характеристиками природных условий являются: световой баланс, климатические условия, разнообразие цветового природного окружения, наличие естественных строительных материалов. К социально - культурным предпосылкам относятся: социально - экономические особенности местного населения, традиции современные тенденции цветовой культуры региона [2]. Социально-культурные предпочтения материализуются в выборе определенных естественных и искусственных цветов, а также материалов — цветоносителей объектов [2].

В настоящее время городская среда приобрела своеобразие и неповторимость благодаря эволюции цветовой гаммы на протяжении долгого времени. Одной из главных проблем современного проектирования является большой контраст цветовой палитры исторической и новой застройки. Это обусловлено тем, что цветовые комбинации исторических эпох значительно отличаются от нынешних предпочтений.

Изменения колористики архитектурной и градостроительной среды тесно связано с развитием архитектуры как таковой. Начиная с древних времен, архитекторы осознавали роль цвета при проектировании зданий и сооружений. Колористические приемы использовались уже в Древней Греции, примером может служить храм Артемиды Эфесской. Хотя он и дошел до наших времен в разрушенном состоянии, ученые утверждают, что изначально в нем буйствовало разнообразие красок. В период Средневековья в Европе преобладает строительство из природного камня, что и обуславливает ахроматичность фасадов. После, во времена барокко использовались контрастные сочетания цветов, создающие неповторимые пространственные иллюзии. Стиль рококо проявил себя через использование светло-голубой палитры цветов и большого количества позолоты. Тогда как эпоха классицизма отличалась нюансной комбинацией цветов [3]. Красно-желтые и сине-зеленые оттенки преобладали в колористических решениях эпохи модерна. Для модернизма присуще использование фактуры строительного облицовочного материала и цвета бетона. Постмодернизм основывался на сочетании исторической формы с современной, поэтому там прослеживаются неожиданные и интересные цветовые решения [4]. Следовательно, с изменением исторических периодов и стилей менялись и цветовые концепции.

Более смелые цветовые решения появляются в новом времени. Благодаря техническому прогрессу появилась возможность разнообразить не только конструктивно-планировочную структуру зданий и сооружений, но и их материальное и цветовое решение. На рубеже XX-XXI веков железобетон, пластмасс, стеклопластик, высокопрочная керамика, нержавеющие металлы, хромированная сталь в корне меняют свою среду применения. Приобретают широкое распространение мембранные покрытия, зеркальные прозрачные витрины, металлопластиковые окна и двери. Средствами цветовой гармонизации выступают декоративные эффекты прозрачности, зеркальности и рефлективности. Такие технологические новинки позволили архитекторам и дизайнерам создавать сложные пространственные композиции, формировать пространство для будущих экспериментов. Поэтому в XXI веке из-за появления большого количества зданий и сооружений уникальных по своему функциональному назначению, внедрению в них современных технологий, применению новых строительных материалов и конструкций, проблема формирования систем цветовых отношений приобретает большую актуальность. Ярким примером применения необычных формообразующих и цветовых решений фасадов являются проекты Антонио Гауди: «Дом Винсенса» (Барселона, 1883-1885гг.), «Каса-Мила» (Барселона, 1906-1910гг.), «Парк Гуль» (Барселона, 1900-1914гг.); Фриденсрайха Хундертвассера: «[Дом Хундертвассера](#)» (Вена, 1983-1986гг.), «Дождевая башня» (Плохинген, 1941-1944гг.), Отель «Рогнер Бад Блюмау» (Австрия, 1993-1997гг.) и др.

Так же на восприятие цвета влияют сопутствующие условия. Во-первых, цвет в среде рассматривается с точки зрения четырех масштабов: дома, улицы, района и города. Во-вторых, это видовые точки восприятия: вид сверху, снизу, сбоку, фронтальный вид. В-третьих, наличие естественного и искусственного освещения, собственных и падающих теней, которые обуславливают различные варианты видения цвета. Все сопутствующие объекты следует учитывать еще на стадии проектирования, так как они могут кардинально изменить впечатление от выбранного цвета в окружающей среде, имея собственную цветовую окраску. Следовательно, вместе с разнообразием формы стремительно растет и значение цвета, поэтому архитектура сегодня значительно отличается от той, что была несколько десятилетий назад. Она более яркая, красочная, лучше сочетается с окружающим пространством и взаимодействует с ним.

В городской среде преобладают два пространства – площади и улицы. Колористическое решение может значительно повлиять на их восприятие. Целостность плоскости улицы можно добиться благодаря использованию светлых и нюансных тонов. Например, чтобы создать эффект выразительности длинны

улицы необходимо, чтобы цвет тротуара повторялся при цветовом решении фасадов, или был введен в виде горизонтального членения зданий вдоль улицы. Так же приемом композиционной манипуляции является цветовое разбивка фасадов по вертикали, что приводит к контрастному отличию зданий между собой. Необходимый вариант выбирается в соответствии с конкретными потребностями, например, для подчеркивания направлений транспортных узлов, их перекрестков [6].

Тема архитектурной колористики довольно актуальное в наше время направление развития и предложение цветового решения городской. Данные вопросы несут в себе с одной стороны противоречивые, но в то же время и убедительные доказательства необходимости развития и применения колористики в архитектурной и градостроительной деятельности. Места использования тех или иных цветовых решений должны обуславливаться функциональным зонированием пространства и целевым направлением окружающей среды.

При проектировании объектов в существующем историческом центре следует учитывать цветовую выразительность основных сложившихся акцентов и доминант, создавать нейтральный фон архитектурного окружения за счет использования нюансных цветовых решений. Таким образом перед современными архитекторами стоит сложнейшая задача – найти такое гармоничное колористическое решение нового объекта, чтобы оно несло в себе все блага нового времени, но и не вступало в эстетический конфликт с исторической застройкой.

Исходя из выше сказанного, можно сделать выводы, что развитие архитектурной колористики не стоит на месте. Она изменяется с каждым годом. Это происходит благодаря неразрывной взаимосвязи цветового дизайна с развитием технологий и строительных облицовочных материалов. Следовательно, в скором времени можно ожидать, что характерный образ города будет так же развиваться и кардинально изменится.

Список литературы

1. Горлова Н. Цвет в архитектурной среде: учебно-методическая статья [URL:sites.google.com/site/colorandarchitecture/3-3-cvet-v-gradostroitelnoj-srede](https://sites.google.com/site/colorandarchitecture/3-3-cvet-v-gradostroitelnoj-srede) (дата обращения 20.10.2017).
2. Колористика предметно-пространственной среды: статья [Москва, 2006]: [URL:www.arhplan.ru/buildings/objects/colours-in-detail-spatial-environment](http://www.arhplan.ru/buildings/objects/colours-in-detail-spatial-environment) (дата обращения 25.10.2017).
3. Кайдановська О. Архітектурне кольорознавство: конспект лекцій для студентів інституту архітектури. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська Політехніка», 2010.
4. Михайлов С. Кулева Л. Основы дизайна: Учебник для специальности «Дизайн архитектурной среды», – Казань: «Новое Знание», 1999. – 240 с., илл. – ISBN 5-8934-045-1.
5. МРР_3.2.18.02.0408: Методика определения стоимости разработки архитектурной колористики объектов строительства в городе Москве.
6. Moughtin C. Ос Т., Tiesdell S. Urban design: ornament and decoration. – Publisher: Architectural Press, 1999.

АНАЛИЗ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЧАСТНЫХ И МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Ермоленко А.Н., Е.В. Ирманова

АСАДГТУ, РФ, г. Ростов-на-Дону

Аннотация: в статье рассматриваются оптимальные и дешёвые стеновые строительные материалы, анализируются и сравниваются характеристики нескольких видов строительных материалов.

Ключевые слова: строительные материалы, жилье, кирпич, блоки, дерево, частные жилые дома, многоэтажные жилые дома.

Строительные материалы — материалы для возведения и ремонта зданий и сооружений. Стеновые строительные материалы применяются при возведении стен несущего типа, перегородок, а также при устройстве фасадов зданий и сооружений. Они выполняют такие функции:

- основную строительную;

- обеспечивают создание микроклимата;
- теплосбережения;
- эстетический вид.

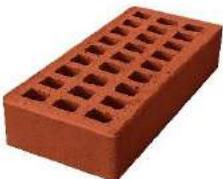
У каждого стенового материала имеются свои достоинства и недостатки, которые влияют на их область применения (Таблица 1) [3]. Выбор типов зданий в городах обусловлен градостроительной ситуацией, климатом, который характерен для данной местности, выраженный температурным и ветровым режимами, характер рельефа местности. Большую роль играет социально-демографический состав населения. Наличие информации о регионе строительства определяет конструктивное решение, способы возведения и выбор строительных материалов жилого здания. На сегодняшний день на рынке стеновых строительных материалов, кроме керамзитобетонных блоков, представлено большое количество самых различных материалов.

Таблица 1. Достоинства и недостатки строительных материалов [3]

Изображение		Достоинства	Недостатки
Керамзитобетонный блок [1]			
		<ul style="list-style-type: none"> - большая прочность; -большая морозостойкость; - большой срок службы; -высокая надежность конструкции; - низкое водопоглощение; -низкая стоимость; - отсутствие усадки. 	<ul style="list-style-type: none"> - неидеальная (по сравнению с пенобетоном) геометрия, -вес.
Прочность(кг/кв.см)	50-150		
Плотность (кг/м ³)	700-1500		
Теплопроводность (Вт/мГрад)	0,15-0,45		
Морозостойкость (циклов)	50-200		
Усадка (% мм/м)	0		
Водопоглощение(%)	50		
Пенобетонный блок [3]			
		<ul style="list-style-type: none"> -меньший вес; -идеальная геометрия; - достаточный запас прочности. 	<ul style="list-style-type: none"> -неудобство крепежа; -удобная среда для грибковых образований; -усадка; - высокая стоимость.
Прочность (кг/кв.см)	10-50		
Плотность (кг/м ³)	450-900		
Теплопроводность (Вт/мГрад)	0,2-0,4		
Морозостойкость (циклов)	25		
Усадка (% мм/м)	0,6-1,2		
Водопоглощение(%)	95		

Продолжение Таблицы 1

Газосиликатный блок [3]

		<ul style="list-style-type: none"> -малый вес; -идеальная геометрия; -возможность монтажа на клей. 	<ul style="list-style-type: none"> -низкая прочность; - низкая морозостойкость; -низкое водопоглощение; -образование грибка; - усадка.
Прочность (кг/кв.см)	5-20		
Плотность (кг/м3)	200-600		
Теплопроводность (Вт/мГрад)	0,15-0,3		
Морозостойкость (циклов)	10		
Усадка (% мм/м)	1,5		
Водопоглощение(%)	100		
Кирпич [2].			
		<ul style="list-style-type: none"> - долговечность; - прочность; - устойчивость; - экологичность; - устойчивость к коррозии, плесени и грибку; - негорючесть. 	<ul style="list-style-type: none"> - большой вес; - сложность в укладке; - требование прочного фундамента; - необходимость утепления; -трудоемкость.
Прочность(кг/кв.см)	50-150		
Плотность (кг/м3)	1000-2000		
Теплопроводность (Вт/мГрад)	0,30-0,80		
Морозостойкость (циклов)	50-200		
Усадка (% мм/м)	0		
Водопоглощение(%)	40		
Дерево [3]			
		<ul style="list-style-type: none"> - хорошая теплопроводность; - эстетическая 	<ul style="list-style-type: none"> - горение; -гниль; -образование

Продолжение Таблицы 1

Прочность (кг/кв.см)	15-60	<ul style="list-style-type: none"> красота; - долговечность; - экологичность; - не дорогостоящий; - быстрота возведения. 	<ul style="list-style-type: none"> грибка; - усадка.
Плотность (кг/м3)	400-700		
Теплопроводность (Вт/мГрад)	0,09-0,18		
Морозостойкость (циклов)	35-100		
Усадка (% мм/м)	1,5-3		
Водопоглощение (%)	70-90		

Сейчас в частном жилом строительстве используются кирпич, легкобетонные строительные материалы, дерево, тяжёлый бетон (железобетонные плиты, заливные монолитные стены, панели и т.д.)

Приведенная выше сравнительная таблица (Таблица 1) [3] не отражает качеств материалов, таких как впитывание и выделение запахов, удобства эксплуатации стен, защиты от внешних разрушений и т.д. Каждый материал нужно рассматривать и сравнивать более подробно, в конкретных случаях, выявляя все плюсы и минусы.

На основании данных составленной таблицы (Таблица 1) видно, что наиболее выгодным материалом для строительства частного жилого дома является керамзитобетонный блок так как, *чем ниже коэффициент теплопроводности, тем выше теплоизоляция стены, тем больше экономия средств (зимой для обогрева, летом для охлаждения)* [3].

Одним из важных параметров многоэтажных жилых домов, является выбор типов домов, таких как панельных, монолитных и кирпичных.

Строительство монолитных домов. Дом представляет собой высокую единую конструкцию из железобетона, между конструкционными балками пролеты закладывают кирпичом или блоками. Качество намного выше, чем в строительстве панельных домов, но и время возведения в разы увеличивается.

Современные типовые многоэтажные дома в основном возводят из кирпича или бетона, где кирпич считается по качественным характеристикам лучше. Кирпич - материал долговечный и прочный [2]. Он уступает прочности железобетону и строится долго, но имеет свойства звуко- и теплоизоляции. Сегодня используется два типа кирпича: керамический и силикатный [2].

Экономия времени - это главное преимущество в строительстве панельных домов. Этот способ возведения зданий самый быстрый. Наличие готовых элементов, которые производятся заводским способом, позволяют без особых задержек строить дома, процесс напоминающий сборку конструктора. Таким образом, в современные дни популярными считаются панельные дома, так как на их возведение требуется относительно мало времени и сил. Кроме всего прочего, они считаются экономными и надежными. Однако такие дома не являются теплыми, так как швы между панелями не герметичны. Также необходимо отметить, что квартиры в таких строениях имеют типичную планировку.

Список литературы

1. ГОСТ 33126-2014. Блоки керамзитобетонные стеновые. Технические условия. [Текст]; Введ. 2015-07-01. -М.: Стандартинформ, 2015. – 12 с.
2. ГОСТ 530 – 2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 530-2007; Введ. 2013-07-01. -М.: Стандартинформ, 2013. – 43 с.
3. Строительные нормы и правила: Строительная теплотехника: СНиП II-3-79 *: Введ. 1979-07-01: Взамен СНиП II-3-79. -М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2001. – 35 с: ил.

ОПТИМИЗАЦИЯ СЕЧЕНИЙ АРМИРОВАННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КЛЕЕНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Жилин Е.В., Буравлев В.Ф., Исупов С.А., Епифанов В.Н., Васильевых С.Л.

Вятский государственный университет, г. Киров

Применимость деревянных конструкций в качестве несущих достаточно широка, но в некоторых случаях уступает «конкурентам»: стали и железобетону, что неудивительно, так как у каждого конструкционного материала имеется область рационального применения. Конечно, в наше время трудно представить высотное здание с деревянным каркасом, но для большепролетных конструктивных элементов дерево является весьма подходящим материалом [1].

Деревянные конструкции имеют ряд технико-экономических показателей, которые превосходят конструкции из других материалов, а именно: относительно малый вес, экологичность, долговечность, высокая огнестойкость и стойкость к воздействию химически-агрессивных сред и т.д. Кроме всего прочего, клееные деревянные конструкции позволяют создавать уникальные архитектурные формы. Древесина является возобновляемым продуктом. Ее получение и технологические процессы изготовления заготовок для конструктивных элементов отличаются достаточной простотой и незначительной стоимостью, наносят минимальный вред природе. Отходы, получаемые в процессе добычи и обработки, можно использовать для изготовления ДСП, ДВП, древесных пластиков, топливных брикетов, пеллет и т.п. Среди минусов клееных деревянных конструкций можно выделить следующие: рост деформаций во времени (ползучесть), высокая стоимость качественных клеевых составов, горючесть, большие размеры сечений самих конструктивных элементов.

В ряде случаев предпочтение незаслуженно отдается другим конструкционным материалам (отчасти от недостаточной технико-экономической оценки планируемого строительства, отчасти из-за субъективного мнения застройщика).

В этой работе рассматривается вопрос об оптимизации сечений деревянных клееных конструктивных элементов методом армирования. В качестве примера рассмотрена трехшарнирная деревянная арка пролетом 42 м (рис. 1). В литературе встречаются конструкции и с большими пролетами. Типовые решения арок позволяют перекрывать пролеты до 42 м, поэтому данный пример будет сравнимым по ряду технико-экономических показателей с аналогами. Ожидается, что армирование сечения КДК должно принести экономию дерева, снижение требований к его качеству, уменьшение массивности, упрощение изготовления вследствие применения по большей части постоянных сечений в элементах.

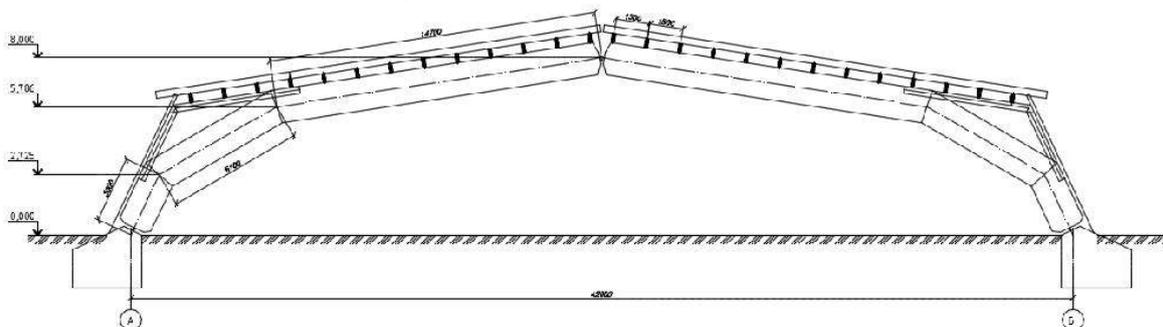


Рис. 1. Схема арки

Для проведения исследования напряженно-деформированного состояния арки использовались следующие программные средства:

- 1) Пакет MS Office;
- 2) ПК ЛИРА САПР 2013 (некоммерческая версия);
- 3) Математический пакет Mathcad.

Расчетная схема задана без особенностей: сформирована из стержневых элементов и узлов. Для большей точности элементы: кобылка и подкос заданы с эксцентриситетом относительно осей основных элементов – арок, данный эксцентриситет смоделирован инструментом «жесткая вставка» (рис. 2).

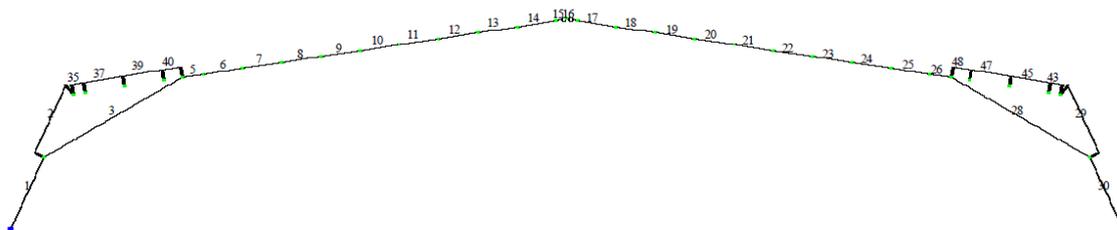


Рис. 2. Расчетная схема арки

В статическом расчете учтены: собственный вес элементов рамы, вес прогонов, панелей обшивки, снеговая и ветровая нагрузка. В результате расчета были получены силовые факторы, действующие в сечениях рамы.

Для того, чтобы подобрать сечение деревянных элементов в арке был произведен расчет согласно п.6.16-6.20 [2] с учетом требований 8.56-8.57. Таким образом, выполнено по три проверки каждого расчетного сечения при неблагоприятном сочетании усилий и одна проверка устойчивости арки в целом. Принципиальных отличий в расчете арки из клееной древесины без применения армирования и с армированием нет, однако имеется ряд особенностей:

1. Учет армирования может проводиться по тем же расчетным формулам, что и без него с использованием приведенных (редуцированных) к основному материалу жесткостных характеристик сечений. Стоит отметить, что на подготовительном этапе была идея разработки специальных формул, которые бы учитывали арматуру в сечении в «чистом» виде (уравнение моментов для сечения), но существенных преимуществ эти формулы не имеют при значительном увеличении их размеров.

2. При скалывании по границе между клеем и древесиной арматура выключается из работы, поэтому необходимо обеспечивать достаточное сцепление как технологически, так и на этапе расчетов, но в данной работе на этой проблеме внимание не акцентировалось.

3. Конструктивные требования по выбору сечения арки отсутствуют, поэтому задавалось произвольное сечение и методом последовательного уменьшения размеров сечения выбирался оптимальный процент армирования. Для выявления влияния армирования на характеристики сечения была произведена серия расчетов несущей способности арки по I предельному состоянию. Результаты представлены в таблице:

N пп	Размеры сечения		Требуемый коэффициент армирования m	Требуемая площадь арматуры A_s , см ²	Предлагаемая компоновка арматуры	Коэффициенты использования несущей способности сечения			Комментарий
	В, м	h, м				прочность	скалывание	устойчивость из плоскости	
1		0.8	-	-	-	-	-	-	Невозможно сконструировать. Не обеспечивается жесткость арки
2		0.9	0.339	335.4	12d60	-	-	-	Невозможно сконструировать сечение
3		1	0.08	87.616	7d40	-	-	-	Невозможно сконструировать сечение
4	0.22	1.1	0.038	45.495	3d45	0.718	2.297	0.708	Слишком большие скалывающие усилия
5		1.2	0.0205	27.002	3d36	0.848	1.935	0.916	Слишком большие скалывающие усилия
6		1.3	0.0112	15.977	2d32	1.026	1.237	1.17	
7		1.4	0.007	10.741	3d22	1.003	1.344	1.242	
8		1.5	0.0026	4.296	4d12	1.064	1.178	1.395	
9		1.6	-	-	-	-	-	-	Армирование не требуется

Согласно результатам эксперимента установлено, что увеличение процента армирования сечения не обязательно приводит к увеличению несущей способности, точнее сказать, сечение возможно сконструировать только в определенных границах процента армирования. Свыше установленных пределов количество арматуры по расчету получается абсурдно большим и не может рассматриваться в качестве удовлетворительного результата (рис. 3).

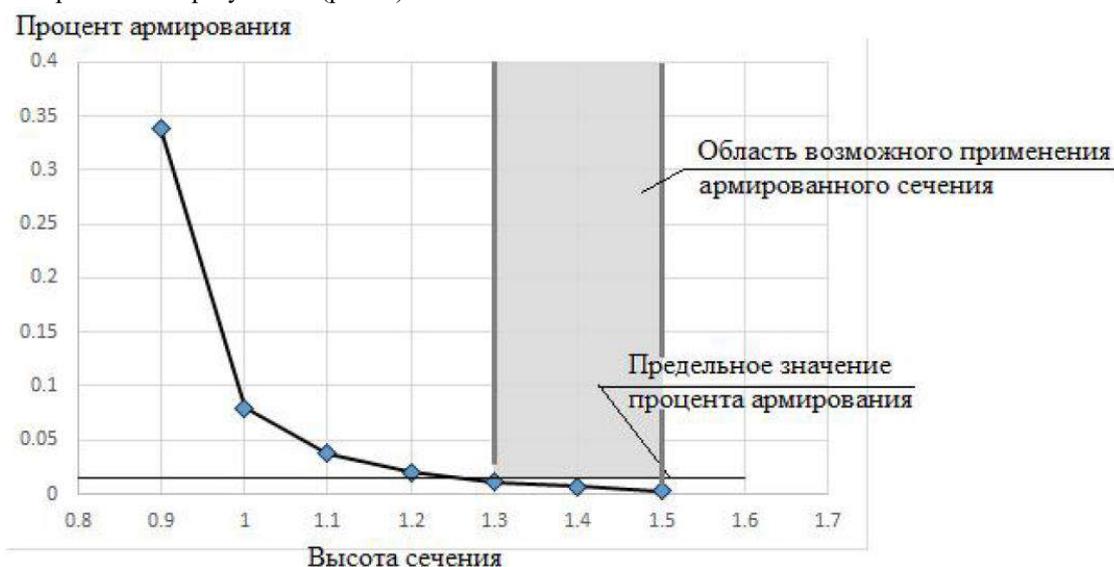


Рис. 3. Зависимость требуемого процента армирования от высоты сечения

Технически возможное и целесообразное значение коэффициента армирования для используемой в качестве опытного образца арки не выше чем 1.5%. При проектировании подобных конструктивных элементов это значение может быть использовано как рекомендуемое – максимальное.

Список литературы

1. В.Ю. Щуко, С.И. Рощина. Клееные армированные деревянные конструкции. Санкт-Петербург : ГИОРД, 2009.
2. Минстрой России. СП 64.13330.2011 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. Москва : б.н., 2011 г.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИЙ ИЗ СОСТАВНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С СОЕДИНЕНИЯМИ НА НАГЕЛЬНЫХ КОННЕКТОРАХ С ЖЕСТКИМИ УЗЛОВЫМИ СОПРЯЖЕНИЯМИ

Исупов С.А., Васильевых С.Л., Буравлев В.Ф., Багаев В.Н., Юркин Ю.В.

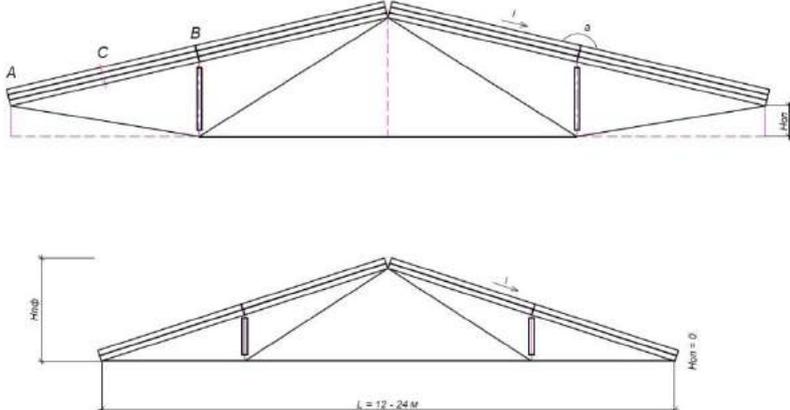
ВятГУ, РФ, г. Киров

Учитывая многообразие возможных статических схем и конструктивных решений многоэлементных деревянных конструкций, содержащих стержни составного сечения с соединениями на деформативных связях (в частности на нагельных коннекторах [1]), вопрос о степени влияния деформативности соединений на величину внутренних силовых факторов конструкций в целом, приобретает особое значение. Такого рода влияние, проявляющееся и в отношении обычных деревянных конструкций, безусловно возрастает в случае применения составных стержней [2] и поэтому решение этого вопроса имеет особое значение для построения достаточно точных методик их расчета.

Преобладающая часть многоэлементных деревянных конструкций, таких, как стропильные фермы (наиболее распространенные схемы треугольного очертания представлены на рис. 1), может быть выполнена в форме как статически определимых, так и статически неопределимых конструктивных решений [3]. Поэтому целесообразно выделить следующие типы многоэлементных стержневых конструкций:

1. Статически определимые;
2. Статически неопределимые с неразрезными поясами;
3. Статически неопределимые с «жесткими» узловыми сопряжениями.

Для конструкций *первого типа* характерно наличие однопролетных (разрезных) панелей верхнего пояса, нагружаемого внешней нагрузкой. Соединения в узлах элементов пояса выполнены по типу «сквозных» шарниров, не оказывающих сколько-нибудь существенного сопротивления возможным поворотам стержня в торцевых сопряжениях.

№	Геометрия фермы	Тип
1. 2.		ТИП 1

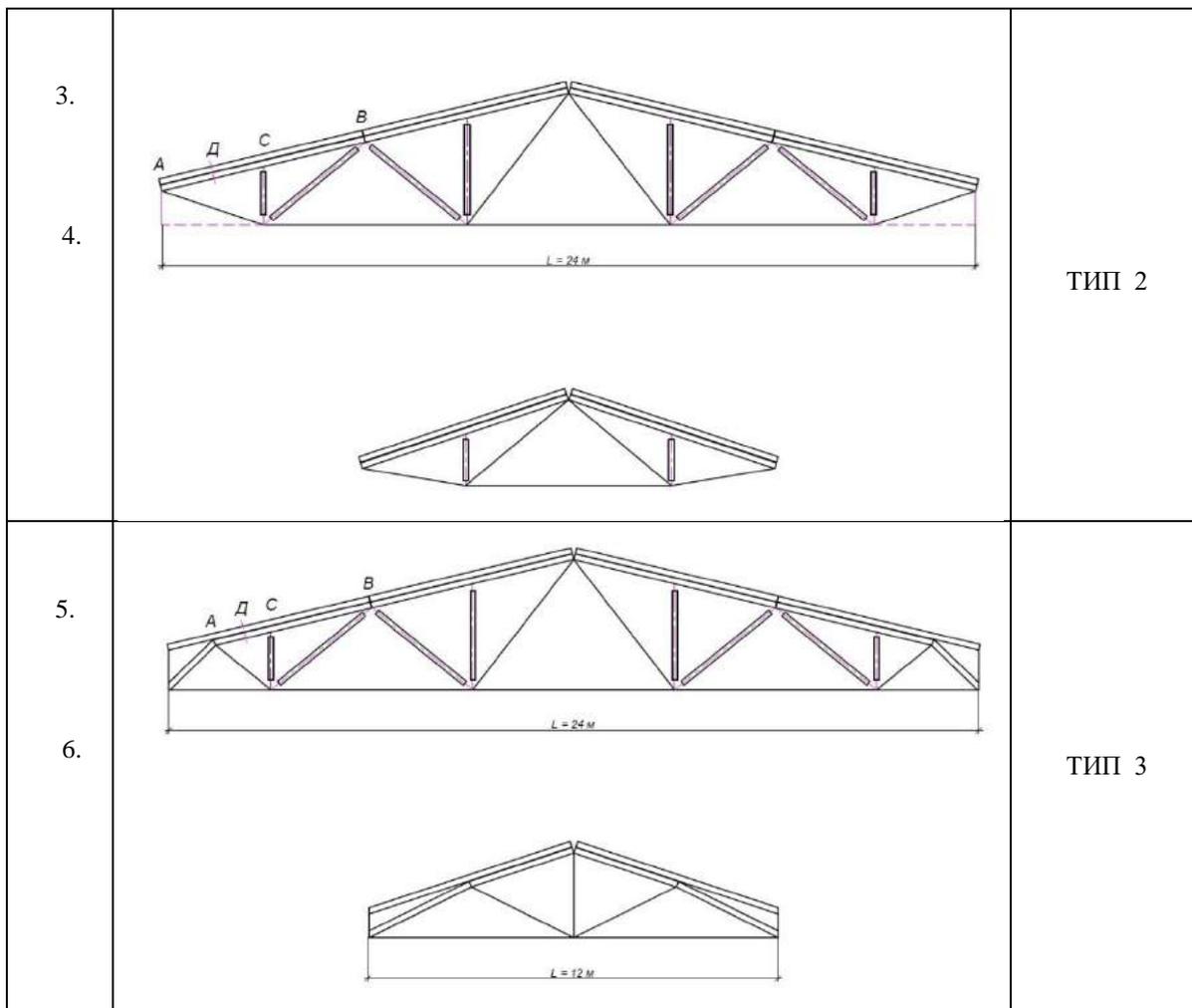


Рис. 1 Основные схемы стропильных металлодеревянных ферм.

Величина усилий в элементах таких систем не зависит ни от жесткости самих стержней, ни от жесткости их узловых сопряжений, а перемещения этих конструкций зависят от указанных жесткостных параметров и должны определяться с учетом их влияния.

В статически неопределимых конструкциях *второго и третьего* типов деформативность средств соединения оказывает влияние также и на величину внутренних силовых факторов M , N , Q . При статическом расчете таких конструкций следует учитывать изменение величины как изгибной жесткости составных конструктивных элементов EI_i , вызываемое влиянием деформативности связей сдвига по плоскостям соединения, так и их нормальной (продольной) жесткости EA_i , вызываемое деформативностью узловых сопряжений.

Статически неопределимые конструкции *второго типа* рассматривались ранее [4].

При расчете конструкций *третьего типа* необходимо иметь в виду, что узловые сопряжения, которые в статическом отношении понимаются как «жесткие», т.е. исключающие поворот поперечного сечения в данной узловой точке, в деревянных конструкциях таковыми являются вследствие деформаций контактного смятия. В отдельных случаях влияние указанных деформаций иногда удастся снизить за счет предварительного напряжения отдельных его элементов, что не исключает необходимости в оценке влияния «угловой» податливости на работу, как самих сопряжений, так и всей конструкции в целом.

Влияние податливости узловых сопряжений на работу конструкции учитывается посредством введения в расчет соответствующих угловых жесткостей. Рассмотрим далее возможные варианты влияния податливости на угловую жесткость, выраженную в виде:

$$K_M = M / \varphi, \quad (1)$$

где M – изгибающий момент, действующий в узловом сопряжении;

φ – угол поворота узлового сечения стержня, вызываемый деформациями средств соединения (напомним, что в жестком сопряжении $\varphi = 0$ и $K_M \rightarrow \infty$).

Ориентируясь на приближенные решения поставленной задачи, отметим, что узловые сопряжения с применением нагельных коннекторов, ориентированных на восприятие изгибающих моментов, в инженерном отношении могут быть разделены на следующие *два варианта*:

– «компактные», располагающиеся на единой объединяющей основе, жесткость которой имеет достаточно большие значения, позволяющие пренебречь собственными изгибными деформациями в плоскости действия момента ($EI \rightarrow \infty$);

– «поясные», располагающиеся на объединяющей основе, выполненной в виде отдельных листовых элементов конечной изгибной жесткости на расстоянии друг от друга.

При *первом варианте* узлового сопряжения создается возможность формирования противодействующего момента (как реакцию на «внешний» момент, создаваемый приложенными нагрузками), силовые составляющие которого группируются относительно общего центра «нагельного поля» и ориентируются под различным углом α_i к волокнам древесины.

В узловых сопряжениях элементов из *изотропных* материалов условие равновесия подобного рода имеет следующий вид

$$M = \sum (T_i L_i) \quad (2)$$

где T_i – усилие в i -м нагеле;

L_i – расстояние между центром нагельного поля и i -м нагелем группы.

При оговоренных выше достаточно больших значениях изгибной жесткости основы коннектора усилие в каждом из нагелей группы определится из выражения

$$T_i = T L_i / L \quad (3)$$

где T – усилие в нагеле, наиболее удаленном от центра нагельного поля,

L – расстояние указанного нагеля от центра поля.

Что касается *анизотропных* материалов, включая древесину, то здесь необходимо учитывать зависимость жесткостных характеристик нагельных соединений от величины угла α_i между направлением приложенного к нему усилия и направлением волокон, получим следующее уравнение

$$\sum T L_i / L K_{\alpha i} / K_{\alpha} = M \quad (4)$$

где $K_{\alpha i}$ – жесткость i -го нагеля, ориентированного под углом α_i ;

K_{α} – жесткость наиболее удаленного нагеля, ориентированного под углом α к волокнам древесины.

После определения усилий в нагелях определяются их линейные деформации в направлении указанных усилий

$$\delta_i = T_i / K_{\alpha i} \quad (5)$$

затем угол поворота

$$\varphi_i = \delta_i / L_i = \varphi = \delta / L \quad (6)$$

и, в заключение, искомую угловую жесткость сопряжения $K_M = M / \varphi$.

Использование такого рода данных создает возможность для уточнения статических расчетов по определению силовых факторов в проектируемой конструкции, (включая и узловые моменты M), изначально основанных на предположении о том, что угловая жесткость «жестких» узлов $K_M \rightarrow \infty$. Таким образом, процесс расчета конструкций с сопряжениями «жесткого» типа приобретает характер последовательного приближения.

При *втором варианте* узловых сопряжений составных стержней (единственно возможным для стержней «поясного» типа, содержащих не менее двух линейных элементов, расставленных на некотором расстоянии друг от друга) создаются условия для формирования внутренних моментных пар с реактивными усилиями, ориентированными лишь в одном, продольном, направлении.

В этом случае решение поставленной задачи значительно упрощается, поскольку появляется возможность для вполне естественного «членения» стержня составного сечения на отдельные пояса, каждый из которых содержит собственные продольно-ориентированные соединительные элементы (коннекторы), которые в узловом сопряжении воспринимает лишь линейные составляющие приложенного момента. Величина указанных силовых векторов определяется из вполне очевидного выражения $N = M / h_o$, где h_o – расстояние между осями соединяющих элементов.

При таком подходе, параметры угловых деформаций моделируются линейными перемещениями, влияние которых учитывается известным уже способом – посредством перехода к обобщенным жесткостям $E_i A_{np}'$ в отношении каждого из составляющих элементов (поясов) стержня.

В заключение отметим, что предлагаемые здесь приближенные приемы расчета, имеют ограниченную область применения и не исключают необходимости разработки более строгих расчетных

моделей, в полной мере учитывающих влияние жесткостных характеристик соединяемых элементов, также как и деформативности их узловых сопряжений.

Список литературы

1. Рекомендации по проектированию и изготовлению деревянных конструкций с соединениями на пластинах с цилиндрическими нагелями / ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко. – М., 1988. – 78 с.
2. Исупов С.А. Особенности статического расчета деревянных сквозных конструкций с деформативными узловыми сопряжениями / С. А. Исупов; ВятГУ, ФСА, каф. СКМ // Общество, наука, инновации. НПК - 2015: всероссийская ежегодная научно-практическая конференция: НПК-2015 13-24 апреля 2015 г. / ВятГУ. - Киров, 2015. - С.475-476
3. Слищкоухов Ю.В., Буданов В.Д. и др. Конструкции из дерева и пластмасс. - М.: Стройиздат, 1986. - 543 с.
4. Исупов С.А., Чаганов А.Б. Приближенный расчет неразрезных деревянных поясов шпренгельных ферм / С. А. Исупов., А. Б. Чаганов; ВятГУ, ФСА, каф. СКМ // Общество, наука, инновации. НПК - 2017: всероссийская ежегодная научно-практическая конференция: НПК-2017 10-27 апреля 2017 г. / ВятГУ. - Киров, 2017. - С.1113-1119

ТИПОЛОГИЯ ЛУЧКОВЫХ СВОДОВ УСТРОЕННЫХ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ БАЛКАМ

Попов А.О., Антипина В.В.

КГАСУ, РФ, г. Казань

Аннотация: в настоящей работе авторами на основании проведенных инженерно-технических и историко-культурных исследований [1-4] раскрывается типология перекрытий конструкции «Монье».

Ключевые слова: памятники истории и культуры, инженерная реставрация, реконструкция, усиление.

Сведения об использовании сводчатых конструкций доносятся из глубины веков. В письменных источниках имеются упоминания об устройстве каменных сводов при строительстве культовых и общественных зданий в Месопотамии и древнем Египте (4 век до н.э.), а массово сохранившиеся конструкции каменных сводов представлены в архитектуре древнего Рима. На территории России сводчатые перекрытия широкое распространение получили, со второй половины X в и связано, это в первую очередь с массовым строительством культовых сооружений Православия и Мусульманства. На смену кирпичным сводам пришли новые более технологичные по своей конструкции перекрытия в обиходе называемые сводами "Монье".

Сводами «Монье» в общепринятом обиходе называют все перекрытия, представляющие собой лучковые своды относительно небольшого пролета, от 600 до 1800 мм, которые опираются на железные или стальные балки, жестко заделанные в кирпичные стены. Однако это название имеет достаточно размытые корни, которое в среде специалистов реставраторов зачастую вызывают споры следующего толка:

1. Первым примером устройства подобного перекрытия в России является Восточный и Западный павильоны здания Главного Адмиралтейства в г. Санкт-Петербург [1] (строительство с 1803 по 1823 гг) – для справки Жозеф Монье родился 8 ноября 1823;
2. Жозеф Монье – получил патент на армированный железобетон и т.д.

Несмотря на многочисленные попытки установить, где и когда было впервые использовано перекрытие с лучковыми сводами по стальным балкам (рис.1а, 1б и 1в), при устройстве сводчатой части которых использована кирпичная кладка, эти попытки не увенчались успехом. На основании вышеизложенного в строительной и реставрационной практике название - «свод Монье» стало нарицательным.

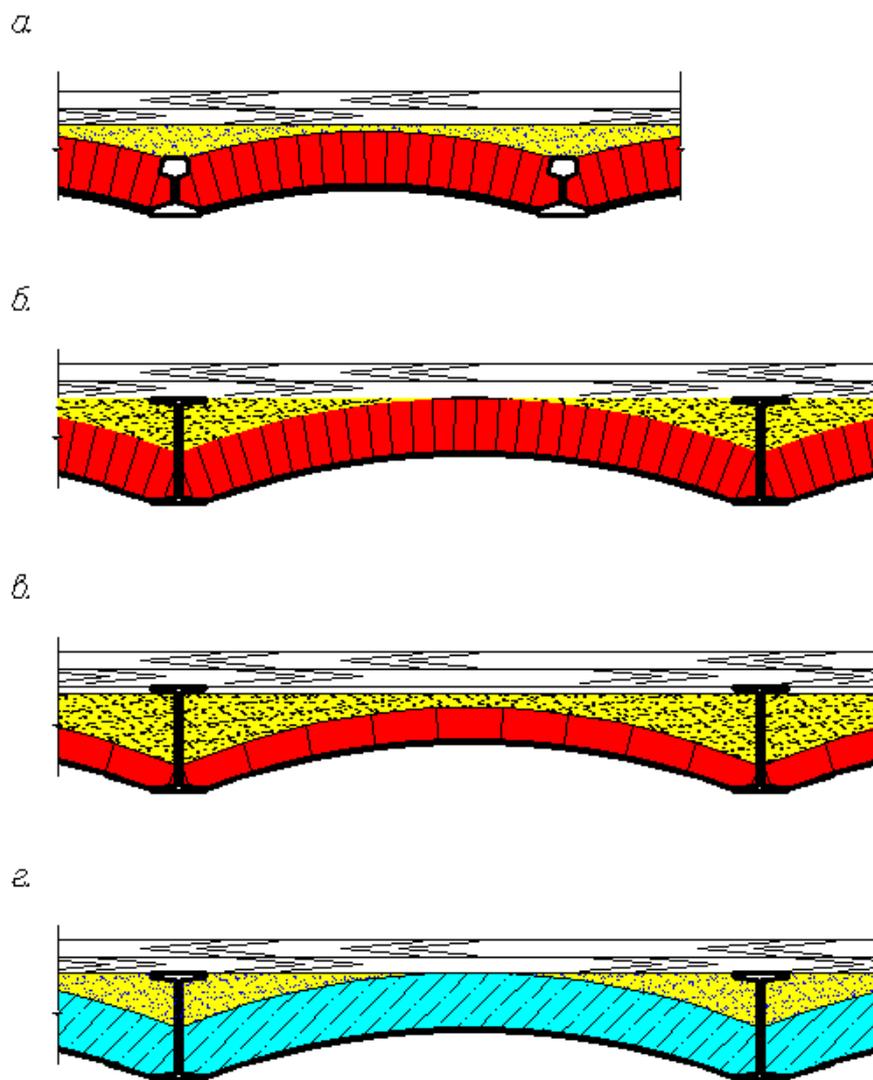


Рис. 1. Типология сводов устроенных по типу «Монье»

На начальном этапе своего становления в строительной практике своды, устроенные по типу "Монье" выполнялись из кирпича и опирались на стальные или железные рельсы (рис.1а), а заполнения пролетной части выполнялось из кирпича по кружалам. Здания, имеющие перекрытия такого типа встречаются вдоль строящихся железных дорог в период с 1840-х годов.

При этом встречаются конструкции сводов опирающихся на чугунные грибовидные рельсы (изготовленные по дюймовой системе измерений), с явно выраженной головкой примыкающей к стенке рельса, с подошвой имеющей проушины. Кроме указанной выше конструкции рельса использовались чугунные рельсы конструкции П.К. Фролова, двухголовые рельсы и широкоподошвенные рельсы. С 1870-хх появляются своды Монье, которые в качестве опорных балок имеют стальные рельсы, изготовленные по Виньольевскому типу.

Одним из первых примеров устройства подобного перекрытия является восточный и западный павильон здания Главного Адмиралтейства г.Санкт-Петербург, проездная арка, которого устроена по типу 1а (рис 2).



Рис. 2. Восточная башня здания главного Адмиралтейства [1]

Дальнейшее развитие металлообработки, в частности появление прокатных двутавров, и их использование при возведении сводов позволило увеличить пролеты. При этом необходимо отметить любопытный факт, что первым официальным документом на прокатные двутавры является ОСТ 16-1926, до введения которого металлопрокат выпускался по «техническим регламентам» предприятий металлообработки. Геометрические характеристики прокатных профилей разных производителей зачастую отличались, и кроме того из-за несовершенства прокатных станов изготовленные профили имели «закомеленную» форму.



Рис. 3. Восьмой корпус здания Главного Адмиралтейства [2]

К началу нач. XX в. в общестроительную практику входят лучковые своды из бетона, бутобетона и железобетона (рис.4), опирающиеся на стальные прокатные двутавровые балки. Появление зданий с подобными перекрытиями не имеет явно выраженной привязки к производству и появляются как в больших губернских центрах, так и в уездных портовых городах.



Рис. 4. Своды «Монье» с лучковыми сводами из бетона и железобетона
 а. Особняк братьев Невортиных, нач. XX в. г. Бежецк [3];
 б. Дом купца Маркова г. Казань (дата окончания строительства 1915г.), [4]

Выводы:

1. В настоящей работе авторами раскрыты основные конструктивные особенности сводов устроенных по типу «Монье», для разных периодов строительства.
2. Приведены графические материалы, полученные по результатам исследований.

Список литературы

1. Отчёты по НИР № 370/14-А/СМ. Попов А.О., Матвеев И.Ю., Бирюлева Д.К. и др. Отчеты об обследовании технического состояния строительных конструкций Западного и Восточного павильона здания Главного Адмиралтейства // – ООО ЦТСС "ЭкспертПроектСтрой". – Казань, 2014г.
2. Отчёты по НИР № 12/86-14. Попов А.О., Матвеев И.Ю., Бирюлева Д.К. и др. Отчеты об обследовании технического состояния строительных конструкций 8го Корпуса здания Главного Адмиралтейства // – ООО ЦТСС "ЭкспертПроектСтрой". – Казань, 2014г.
3. Отчёты по НИР № 28-03/2016. Попов А.О., Матвеев И.Ю., Бирюлева Д.К. и др. Отчеты об обследовании технического состояния строительных конструкций здания - «Особняк братьев Невортиных, нач. XX в.»// – ООО ЦТСС "ЭкспертПроектСтрой". – Казань, 2015гг.
4. Отчёты по НИР № 28-03/2016. Попов А.О., Матвеев И.Ю., Бирюлева Д.К. и др. Отчеты об обследовании технического состояния строительных конструкций «Дом купца Маркова»// – ООО ЦТСС "ЭкспертПроектСтрой". – Казань, 2016г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИН В КИРПИЧНЫХ СТЕНАХ

Юркин Ю.В., Авдонин В.В., Сеницына О.В., Васильевых С.Л., Исупов С.А.

Вятский государственный университет, РФ, г. Киров

В 2015 году нам поступил заказ на проведение технического обследования школы №10 в г. Саров. Причиной проведения обследования стали многочисленные трещины, образующиеся в кирпичных стенах здания. Новые трещины образуются ежегодно с начала эксплуатации здания (год ввода в эксплуатацию 1974). По ранее установленным маякам выявлено, что и старые трещины продолжают расти. Предыдущие обследования не смогли установить причину образования трещин.

Здание представляет из себя Н образное строение с 4-х (H=14,76 м) и 2-х (H=8,76 м) этажными крыльями и двухэтажным переходом (рис. 1). Под высокой частью здания находится подвал.

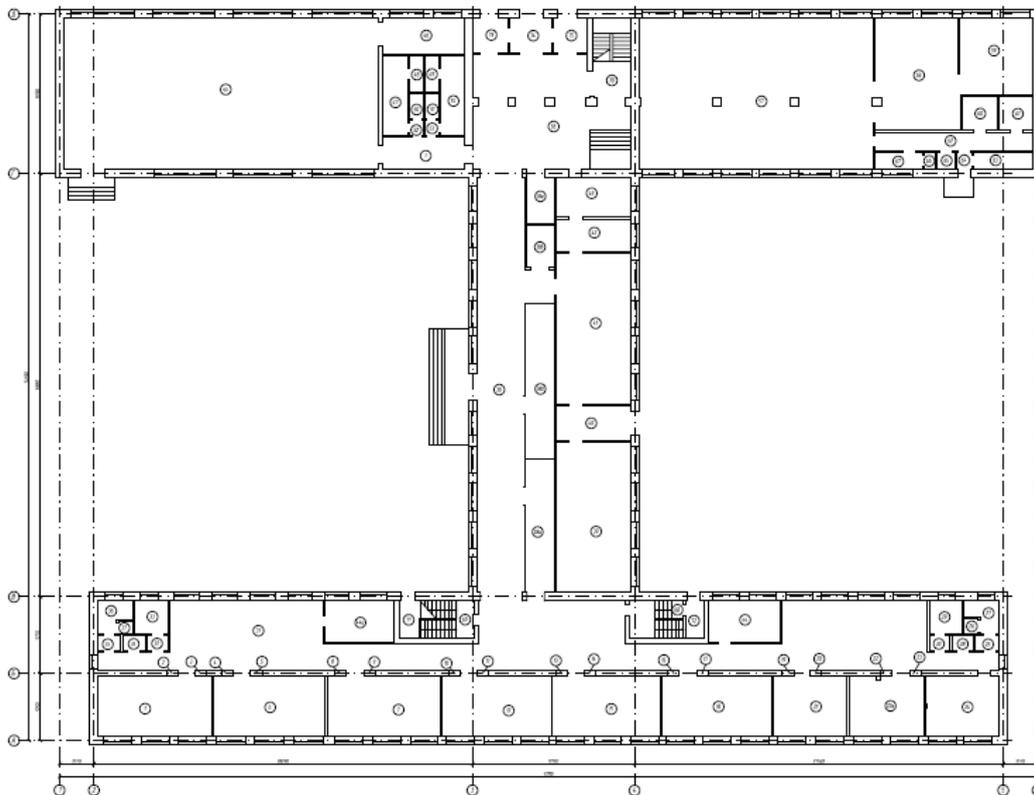


Рисунок 1. План здания (1 этаж)

Наружные стены кирпичные, толщиной 640 мм, из силикатного кирпича. Внутренние несущие стены кирпичные, толщиной 380 мм, из силикатного кирпича. Перегородки кирпичные в полкирпича. Межэтажные перекрытия: железобетонные многопустотные плиты. Фундамент: ленточный из бетонных блоков толщиной 400-600 мм. Глубина заложения фундамента – 2050 – 3350 мм. Кровля: рулонная. Конструкция полов: керамическая плитка по ц/п стяжке; деревянные по лагам, покрытые линолеумом. Конструктивная схема здания: смешанная с продольными и поперечными несущими стенами. Здание имеет жёсткую конструктивную схему. Деформационные швы устроены по оси В и Г.

В процессе обследования установлены многочисленные трещины в стенах здания, распространяющиеся в основном от фундамента здания (рис. 2).





Рисунок 2. Трещины в стенах.

Определенная с помощью неразрушающих методов марка кирпича силикатного – не ниже М125. Марка раствора не ниже М50. Прочность кирпичной кладки оказалась достаточна для безопасной эксплуатации здания. Других замечаний по качеству кирпичной кладки не выявлено. Поверочные расчеты показали, что имеется как минимум 4-х кратный запас прочности в стенах. Следовательно причина трещин не в стенах.

Конструкция и материал фундаментов также отвечает требованиям строительных норм по несущей способности и безопасности эксплуатации.

При обследовании грунтов основания выявлено, что в качестве несущего слоя грунтового основания использованы грунты ИГЭ-2 – Песок средней крупности, плотный, малой степени водонасыщения (f_{Q1}) со следующими с расчетными значениями: $C_{II} = 2,1$ КПа; $\varphi_{II} = 38^\circ$; $E = 41$ МПа; $\gamma_{II} = 18,4$ кН/м³. Грунтовые воды не обнаружены. Глубина заложения достаточна для исключения влияния сезонного промерзания. Здание отдельностоящее. Поверочные расчеты установили коэффициент запаса несущей способности фундамента по расчету по деформациям 2,3.

Стало понятно, почему предыдущие обследования не выявили причину образования трещин: все расчетные показатели были не только в норме, но имели значительный запас. Однако каждый год появлялись новые трещины.

Подсказка была найдена в статье Каримова Р.М. «Особенности развития осадок зданий, построенных на элювиальных грунтах» [1], в которой описаны случаи, когда расчет фактических нагрузок показал, что дополнительные осадки частей здания возникли при давлении по подошве, которое в 2,5 раза меньше расчетного сопротивления. Причина осадок – просадки в элювиальных грунтах, которое испытывает здание на протяжении более 15 лет.

Непосредственным основанием фундамента является пески средней крупности, которые в качестве основания имеют превосходные характеристики, однако глубина заложения фундамента проходит практически полностью всю толщу песков и буквально в нескольких сантиметрах ниже подошвы фундамента залегают доломитовая мука либо дресвяный песчаный карбонатный грунт, которые относятся к элювиальным карбонатным грунтам.

Элювиальные карбонатные грунты обладают рядом неблагоприятных инженерно-геологических свойств: просадочностью, склонностью к механической и химической суффозии, снижением прочности и увеличением сжимаемости при водонасыщении, образованием плывунов.

Согласно проведенным инженерно-геологическим исследованиям карбонатные грунты имеют следующие свойства (рис. 3):

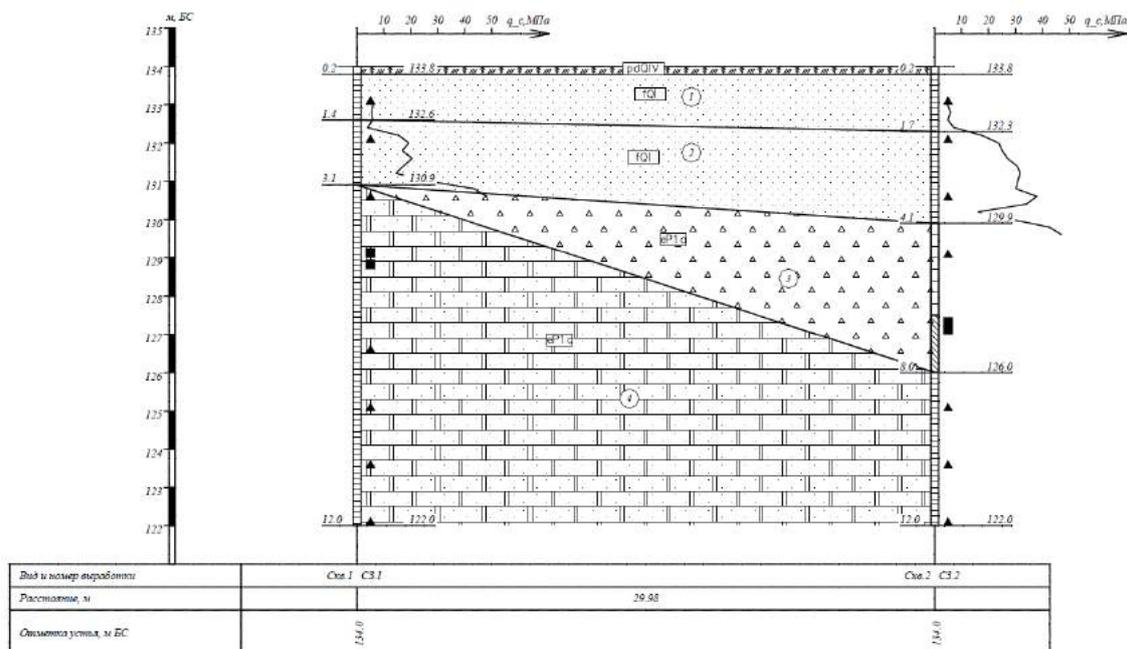


Рис. 3. Инженерно-геологический разрез

ИГЭ-3 Дресвянный песчаный карбонатный грунт: $W = 48\%$; $e = 1,48$ д.е

ИГЭ-4 Доломитовая мука: $W = 15\%$; $e = 0,91$ д.е

Согласно СП 22.13330.2011 п. 6.5.1 у грунтов с коэффициентом пористости $e > 0,6$ и степенью влажности $W < 0,7$ возможно наличие просадочных свойств.

Согласно п. 5.12 «Рекомендаций по оценке инженерно-геологических свойств элювия карбонатных грунтов и учету их изменения при строительстве» приведенные грунты при коэффициенте пористости более 0,9 и степени водонасыщения менее 0,8 обладают просадочными свойствами:

- для ИГЭ-3 значение относительной просадочности 0,065
- для ИГЭ-4 значение относительной просадочности 0,012

Наибольшие просадочные деформации у доломитовой муки наблюдаются при замачивании без нагрузки образцов с нарушенной структурой и рыхлым сложением

Механизм просадки у карбонатного элювия отличается от лессовых пород тем, что в элювии практически отсутствуют легкорастворимые соли, создающие в лессах неводостойкие структурные связи. Посадка в карбонатном элювии подобна самопроизвольному уплотнению при водонасыщении рыхлых песков, представленных терригенными материалами.

В связи с тем, что геологические исследования не выявили грунтовых вод, просадочные свойства грунтов проявляются только в сезоны весенних паводков и уплотнение карбонатной структуры под подошвой фундамента происходит в течении довольно длительного времени. Тот факт, что на установленных в апреле 2015 года маяках при их осмотре в августе 2015 года обнаружены трещины говорит о том, что процессы просадок не ослабли.

Наибольшую неравномерность осадок фундамента получили двухэтажные части здания, так как они имеют меньшую жесткость по сравнению с четырехэтажной частью (меньшее отношение высоты здания или его отсека к его длине ухудшает условия работы фундамента, табл. 5.4. СП 22.13330.2011).

Продольные несущие стены получили большую просадку, чем поперечные самонесущие, в результате чего образовались трещины с наибольшей шириной раскрытия в верхней части здания в середине стены.

Для устранения причины образования трещин рекомендовано распределить усилия от неравномерной осадки фундамента путем закладки разгружающих металлических балок в уровне верха цоколя фундамента и в уровне перекрытия 1-го этажа. Рекомендовано устройство отмосток шириной не менее 2 м, не допускать скопления талых и дождевых вод возле здания, проводить срочные противоаварийные меры при обнаружении утечек из инженерных сетей здания.

Список литературы

1. Каримов Р.М. Особенности развития осадков зданий, построенных на элювиальных грунтах // Вестник ЮУрГУ, №22, 2007. С. 58-59.

СЕКЦИЯ №11.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ КАЛЬЦИЙ-, КАЛИЙСОДЕРЖАЩЕГО ЭЛЕКТРОЛИТА АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Якимов И.С., Дубинин П.С, Безрукова О.Е., Андрющенко Е.С.,
Арнаутова Е.А., Груздев А.В.**

СФУ, РФ, г. Красноярск

В настоящее время в России, как и во всем мире, основным способом получения алюминия является электролиз криолит-глиноземного расплава с добавками различных фторидов, например, фторидов кальция, лития и/или калия, а также магния, для снижения его температуры ликвидуса [1]. Существенной проблемой современного способа производства алюминия является то, что электролиз расплава требует затрат большого количества электроэнергии для поддержания высокой температуры. В свою очередь, высокая температура расплава электролита ведет к коррозионному разрушению материалов анода и конструкции электролизера. В последние годы, значительно возрос интерес к использованию низкоплавких электролитов с добавками фторида калия, наряду с классическим кальцийсодержащим [2]. Интерес обусловлен развитием новых технологий производства алюминия с использованием нерасходуемых инертных анодов и низкотемпературного электролиза для предотвращения коррозионного разрушения конструкционных материалов.

Для оптимизации процесса электролиза на производстве необходим контроль состава электролита. Интегральным параметром, характеризующим состав, является криолитовое отношение (КО), выражающее величину мольного отношения фторида натрия к фториду алюминия [3]:

$$КО = \frac{C(\text{NaF, mol})}{C(\text{AlF}_3, \text{mol})} \quad (1)$$

Одним из современных методов для определения фазового состава электролита алюминиевого производства в заводских и научно-исследовательских лабораториях является количественный рентгенофазовый анализ (КРФА). Для этой цели применяются градуировочные методы КРФА, основанные на эталонировании и обладающие высокой точностью. В свою очередь такие методы требуют подготовки стандартных образцов (СО) с точно известным количественным фазовым составом, адекватных по микроструктуре фазам проб промышленного электролита [4]. Добавление фторида калия в расплав стандартного кальцийсодержащего электролита ведет к усложнению его фазового состава в охлажденном состоянии, усложнение фазового состава требует его дополнительного изучения и уточнения для более точного и корректного расчета КО. Т.к. уже давно показана эффективность градуировочного метода КРФА для определения КО в классических кальцийсодержащих электролитах алюминиевого производства, в данной работе была предпринята попытка построить градуировочные зависимости для набора синтетических градуировочных образцов кальций-, калийсодержащих электролитов с последующим расчетом их КО и сравнении полученных данных с расчетными данными синтеза. Для получения точных градуировочных характеристик фаз были выбраны как можно более широкие диапазоны их существования. Синтетические образцы калийсодержащего электролита были получены сплавлением фторидов алюминия, натрия, калия, кальция, а также оксида алюминия (не ниже марки ЧДА) при температуре 920°C с выдержкой 30 минут. В таблице 1 представлены элементный состав и КО 15-ти синтетических образцов кальций-, калийсодержащих электролитов по данным синтеза.

Таблица 1 – Элементный состав и КО комплекта кальций-,калийсодержащих электролитов по данным синтеза

Образец	Химический элемент, % масс. и КО							
	O	Al	Na	F	Ca	K	КО	КО(KF)
1	2,89	22,31	14,97	55,64	2,10	2,08	0,92	1,00
2	2,59	20,95	15,99	55,00	2,22	3,25	1,04	1,17
3	2,29	19,68	16,87	54,42	2,34	4,39	1,16	1,34
4	2,00	18,49	17,64	53,90	2,46	5,50	1,27	1,51
5	1,72	17,36	18,48	53,43	2,61	6,41	1,41	1,69
6	1,44	16,27	19,22	52,99	2,75	7,33	1,54	1,89
7	0,96	20,37	16,16	57,33	1,58	3,59	0,98	1,11
8	1,67	17,70	19,92	53,99	1,83	4,89	1,48	1,69
9	2,15	16,68	19,87	52,34	3,13	5,84	1,64	1,92
10	1,20	15,90	22,84	53,52	1,57	4,98	1,84	2,08
11	2,87	15,80	19,79	50,14	3,66	7,74	1,85	2,27
12	1,43	16,65	21,00	53,98	3,23	3,70	1,64	1,81
13	1,92	16,29	21,64	52,85	3,40	3,90	1,80	1,99
14	1,69	15,31	23,08	52,43	3,00	4,48	2,02	2,25
15	1,91	15,13	23,75	51,64	1,98	5,59	2,15	2,45

КО (KF) - мольное отношение фторидов натрия и калия к фториду алюминия

Для всех 15 образцов были получены рентгенограммы на порошковом дифрактометре Shimadzu XRF-6000 (излучение CuK_{α}). Режимы съемки рентгенограмм: область сканирования 10-55°, шаг сканирования 0,02°, скорость съемки 1 град/мин, для усреднения статистики счета рентгеновских квантов было задано вращение кюветы с образцом со скоростью 50 об/мин. КРФА проводился по модифицированному методу корундовых чисел ИПС ФИ, суть которого, заключается в приведение интенсивности ссылочных спектров разных фаз к интенсивности спектра эталонной фазы, в качестве которой, как правило, используется корунд, после чего концентрации фаз определяются по нормализованным интенсивностям дифракционных линий. Корундовые числа фаз, представляют собой отношение интенсивностей максимальных линий спектров фаз и корунда в их смесях 1:1[5].

В таблице 2 представлен фазовый состав образцов, определенный по КРФА.

Таблица 2 – Фазовый состав комплекта кальций-,калийсодержащих электролитов, определенный по КРФА

Образец	Фазовый состав, %масс.											
	$Na_5Al_3F_{14}$	$NaF \cdot CaF_2$	$Al_2O_3^*$	Al_2O_3	AlF_3	Al_2F_6O	$K_2NaAl_3F_{12}$	$KCaAl_2F_9$	$NaCaAlF_6$	$Na_2Ca_3Al_2F_{14}$	K_2NaAlF_6	Na_3AlF_6
1	58,3	4,5	3,6	2,3	16,2	1,6	3,6	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0
2	64,2	2,2	0,0	2,6	7,1	1,3	5,1	14,7	0,0	0,0	0,0	0,0
3	68,3	0,0	0,0	3,2	0,8	1,4	7,7	15,7	1,6	0,0	0,0	0,0
4	67,1	0,0	0,0	3,5	0,7	0,5	6,0	9,4	2,5	3,2	5,1	1,2
5	64,4	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	1,4	6,4	0,0	7,6	11,1	5,4
6	55,7	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	1,5	2,0	0,0	10,4	16,2	10,8
7	64,6	0,0	0,0	1,1	9,3	3,9	8,7	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0
8	71,5	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	1,6	3,6	0,0	5,9	7,7	6,0
9	52,5	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	1,2	0,5	0,0	12,9	13,3	14,6
10	47,0	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	1,1	0,5	1,1	5,5	11,9	30,1
11	21,6	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,9	0,4	0,0	15,2	21,2	34,0

12	62,2	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	12,4	7,4	13,9
13	47,1	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8	9,7	25,0
14	29,3	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	11,6	12,8	41,4
15	19,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,3	7,0	15,8	51,7

*включен для достижения баланса с учетом Al₂O₃

На рисунке 1 приведены градуировочные зависимости содержания фазы от интенсивности ее аналитического пика для основных фаз кальций-, калийсодержащего электролита синтезированных образцов.

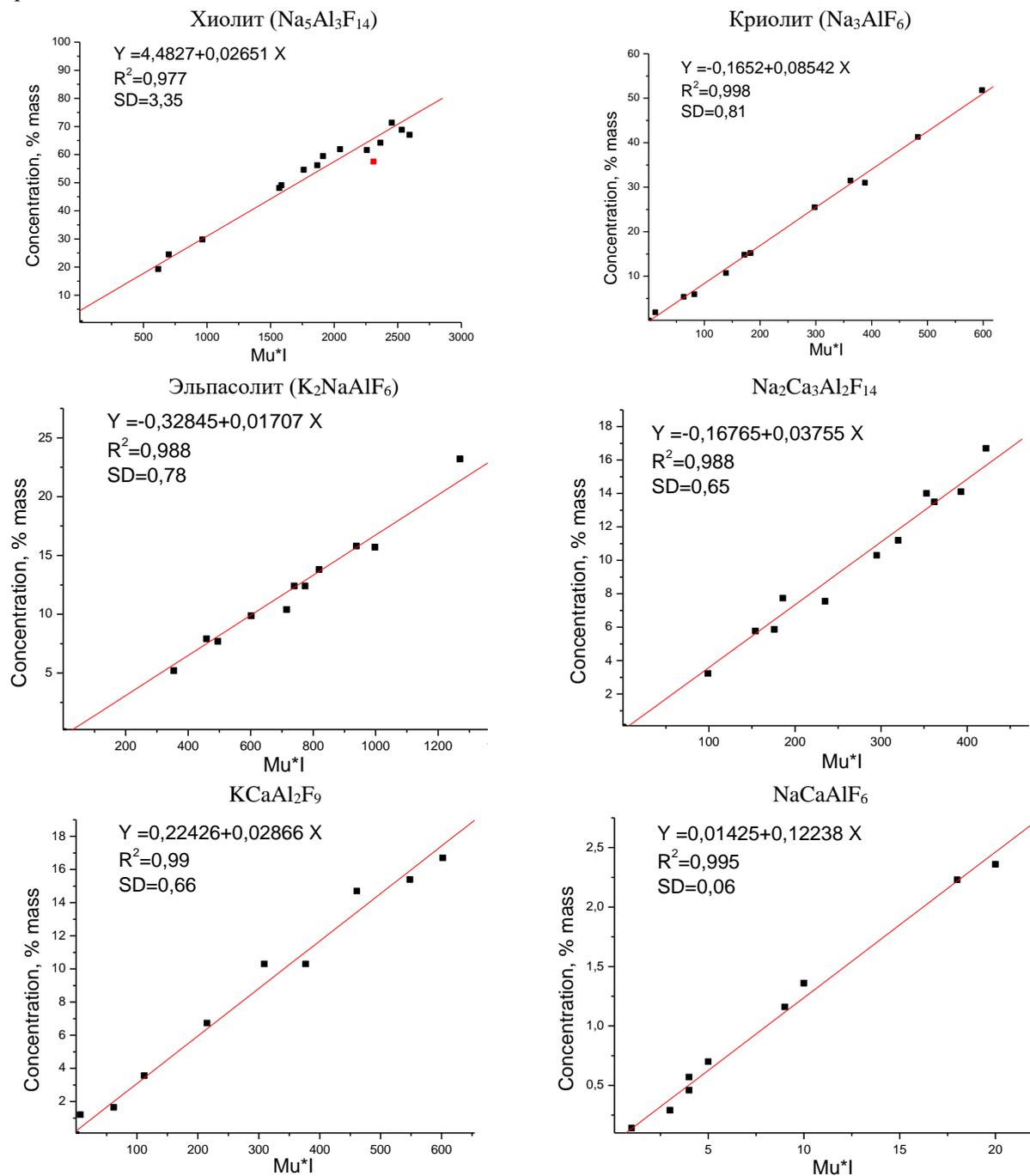


Рисунок 1 - Градуировочные графики основных фаз для комплекта синтетических образцов кальций-, калийсодержащего электролита; SD – регрессионное СКО; ось ординат – концентрация фазы (% масс); ось абсцисс -Mu*I (абсолютная интенсивность фазы с поправкой на массовый коэффициент поглощения образца)

Из полученных графиков видно, что максимальное СКО (SD) ~ 3,4 % наблюдается для фазы хиолита, при этом коэффициент a в регрессионном уравнении отличается от 0 и составляет величину 4,48. Связано это, по всей видимости, с образованием твердого раствора замещения на основе хиолита с фторидом калия (на всех рентгенограммах образцов для этой фазы отмечены сдвиги и перераспределение интенсивностей линий). Для уточнения состава твердого раствора хиолита и повышения точности КРФА необходимо проведение дополнительного исследования, а именно, полнопрофильного уточнения методом Ритвельда [6].

Из полученных концентраций фаз были рассчитаны значения КО и КО(KF). На рисунке 2 приведены регрессионные графики соответствия КО рассчитанного из фазового состава по данным КРФА от КО по данным синтеза.

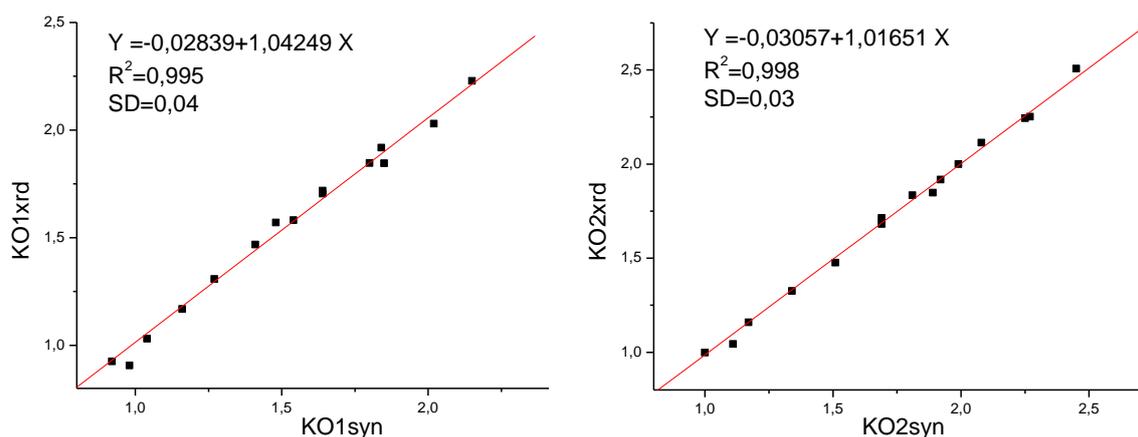


Рисунок 2 - Регрессионные графики соответствия КО, рассчитанного из фазового состава (ось ординат), от КО по данным синтеза (ось абсцисс); слева - КО, справа - КО(KF); SD – СКО

Из рисунка 2, по регрессионным уравнениям видно, что наблюдается небольшое систематическое отклонение (коэффициенты a отличаются от 0, а b от 1), связанное, скорее всего, с учетом образования твердого раствора хиолита. В целом КО по данным РФА хорошо соответствуют КО, рассчитанному из данных синтеза образцов (СКО ~ 0,04 и 0,03) и не превышает требуемого на производстве отклонения в 0,04.

Приведенные результаты позволяют сделать вывод, что предложенный КРФА по модифицированному методу корундовых чисел может быть успешно использован для анализа проб кальций-, калийсодержащего электролита и расчета КО. Планируется дальнейшее повышение точности КРФА и определения КО калийсодержащего электролита за счет уточнения твердого раствора хиолита методом Ритвельда.

Список литературы

1. Якимов И.С., Кирик С.Д., Андрющенко Е.С., Дубинин П.С. Рентгенодифракционные методы технологического контроля электролитов алюминиевого производства разных составов. *Сб-к тезисов. Конгресс цветные металлы и минералы*, Красноярск, 2015, 178-179.
2. Зайцева Ю.Н., Лешок Д.Ю., Самойло А.С., Якимов И.С., Кирик С.Д. Новые данные о фазообразовании в системе NaF-KF-AlF₃. *Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies*, 2015, 4, 436-446.
3. Кирик С.Д., Куликова Н.Н., Якимов И.С., Бузунов В.Ю., Голощапов В.Г. Промышленное внедрение дифрактометрического контроля электролита в отечественном производстве алюминия. *Цветные металлы*, 1996, 9.
4. Якимов И.С., Дубинин П.С., Залого А.Н., Пиксина О.Е., Кирик С.Д. Разработка отраслевых стандартных образцов электролита алюминиевых электролизеров. *Стандартные образцы*, 2008, 34-42.
5. Якимов И.С., Дубинин П.С., Пиксина О.Е. Регуляризованный мультирефлексный метод ссылочных интенсивностей для количественного рентгенофазового анализа поликристаллических материалов. *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*, 2009, 71–80.

СЕКЦИЯ №12.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)

СЕКЦИЯ №13.

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)

СЕКЦИЯ №14.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)

ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ УСТРОЙСТВА НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ С МАЛОАПЕРТУРНЫМИ ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

Кравец Е.В., Пресленев Л.Н.

(Кравец Е.В. к.т.н., доцент, Пресленев Л.Н., к.т.н., с.н.с.)

Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения (ГУАП), РФ, Санкт-Петербург

В настоящее время находят широкое применение устройства на поверхностных акустических волнах (ПАВ). При обработке сигналов радиочастотных антенных решеток в ряде применений становится целесообразным использование малоапертурных преобразователей ПАВ, в которых длина электродов может составлять от единиц до $10 - 20 \lambda$, т.е. становится соизмеримой с длиной волны. Интерес представляет исследование акустических полей, создаваемых решетками таких преобразователей, как в ближней, так и дальней зоне преобразователей [2,3]. Перспективными являются оптические способы определения параметров ПАВ преобразователей и исследования формируемых ими акустических полей. Основные их достоинства – отсутствие влияния на структуру полей, высокая чувствительность и отсутствие искажений, которые могут быть свойственны другим методам измерения.

Известен ряд оптических методов зондирования ПАВ устройств с целью определения их параметров [1]. Один из них - метод прямого зондирования – является наиболее простым. Он позволяет определять энергетические профили и затухание, а также исследовать дифракционные явления при распространении ПАВ. Упрощенная схема стенда, реализующего этот метод, представлена на рисунке 1. Оптическое излучение лазера, проходя через фокусирующую линзу, поступает на исследуемое ПАВ устройство, установленное на вращающемся столике. При подаче с генератора синусоидального сигнала (ГСС) высокочастотного сигнала на поверхности устройства возникает бегущая ПАВ. В результате дифракции на ПАВ оптический пучок пространственно разделяется на несколько. С помощью диафрагмы выделяется один из дифракционных порядков (в данном случае +1), который фокусируется на чувствительную поверхность фотоприемника. В качестве фотоприемника может использоваться ФЭУ, фотодиод с усилителем, а также высокочувствительный измеритель оптической мощности.

Для получения более точных результатов измерения в схему стенда можно включить интерферометр Фабри-Перо, что позволяет добиться увеличения чувствительности устройства примерно на два порядка. Схема установки с интерферометром Фабри-Перо представлена на рисунке 2. Часть схемы, начиная с лазера и заканчиваясь диафрагмой, аналогична предыдущей схеме. Далее, линза 3 формирует параллельные оптический пучок, поступающий на интерферометр Фабри –Перо.

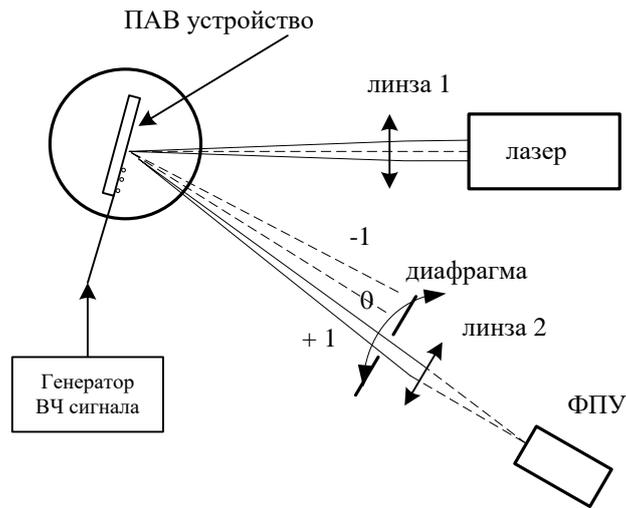


Рисунок 1 – Схема установки прямого зондирования ПАВ

Интерферометр Фабри-Перо позволяет с высоким разрешением выделять нужную спектральную компоненту (+ 1 или - 1 дифракционный порядок) при наличии интенсивного нулевого порядка. Одно из зеркал интерферометра помещается на пьезоэлектрической пластине, с помощью которой при подаче пилообразного напряжения, изменяется расстояние между зеркалами интерферометра. При этом осуществляется сканирование по длине волны, проходящего через интерферометр излучения. Прошедшее через интерферометр излучение, как и в случае прямого зондирования, поступает на фотоприемник. Этот метод обладает большей чувствительностью, но более сложен при реализации.

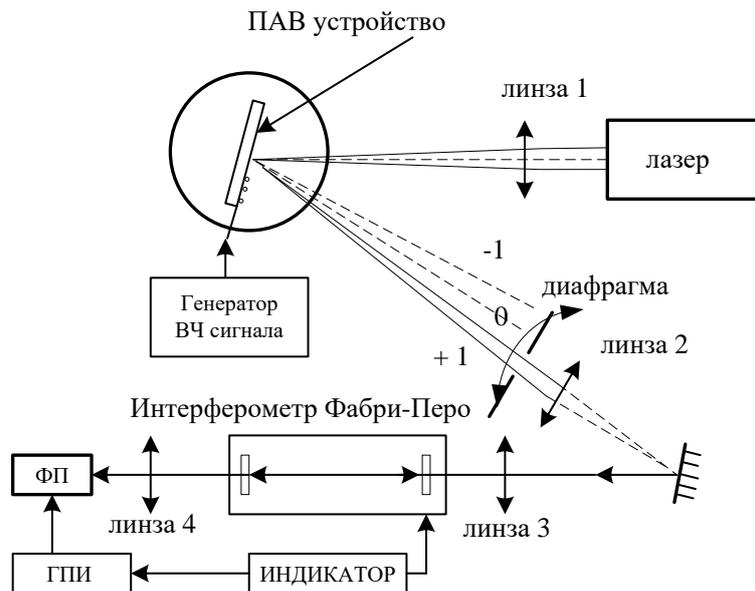


Рисунок 2 – Схема установки для измерения амплитуды ПАВ с использованием интерферометра Фабри-Перо

Для проведения исследований разработано и изготовлено ПАВ устройство, изображенное на рисунке 3. На поверхность пластины из кристалла ниобата лития (срез ZY) нанесены три решетки ПАВ преобразователей с рабочими частота 25 МГц, 50 и 75 МГц. Каждый преобразователь имеет 4 пары электродов. В направлении распространения ультразвука поверхность пластины покрыта металлической пленкой, а на её края нанесен поглотитель.

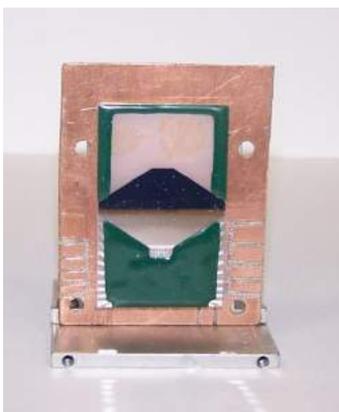


Рисунок 3 - Изображение акустоэлектронного устройства на ПАВ

Для проведения эксперимента как более простой и доступный использован метод прямого зондирования. В состав стенда входит гелий-неоновый лазер ($\lambda = 0,63$ мкм), две фокусирующие линзы, поворотный столик с микрометрическими подвижками по двум координатам и измеритель оптической мощности. Электрический сигнал поступает на пьезопреобразователи ПАВ устройства с выхода генератора высокочастотного сигнала. Оптическое излучение лазера диаметром ≈ 1 мм фокусируется сферической линзой (фокусное расстояние 110 мм) на металлизированную поверхность ПАВ устройства. В результате взаимодействия с ПАВ происходит дифракция лазерного излучения, первый дифракционный порядок которого через сферическую линзу поступает на вход измерителя оптической мощности (ИОМ), максимальная чувствительность которого составляет – 73 дБм.

В процессе проведения эксперимента электрический гармонический сигнал с амплитудой 4 В и частотой 25 МГц подавался на один из центральных ВШП. Оптическое излучение фокусировалось по оси распространения ПАВ на расстоянии ≈ 1 мм после преобразователя. Излучение первого порядка через вторую фокусирующую линзу поступало на ИОМ. Его мощность составила - 53 дБм. Излучение других порядков максимально экранировалось. Расчеты с использованием ниже приведенного соотношения [1] показали, что амплитуда ПАВ составила $\approx 0,5$ нм.

$$\delta_0 \approx \frac{\lambda}{2 \cdot \pi \cdot \cos(\theta_i) \cdot R} \cdot \sqrt{\frac{I_1}{I_0}},$$

где λ - длина волны лазера, θ_i – угол падения лазерного излучения на поверхность устройства на ПАВ, R – коэффициент отражения, I_1 , I_0 – эффективность первого и нулевого дифракционных пучков соответственно. Исследование акустического поля, проведенное на расстоянии 5 мм от пьезопреобразователя, показало, что ширина акустического пучка составила 1,8 мм. Таким образом, эксперимент показал, что малоапертурный пьезопреобразователь формирует расходящуюся акустическую волну, расходимость которой соответствует расчетным данным. Подобный эксперимент с аналогичными результатами был проведен с использованием ПП с рабочей частотой 50 МГц.

Таким образом, экспериментально продемонстрирована возможность измерения относительно простым оптическим способом параметров акустического поля, создаваемого малоапертурными пьезопреобразователями акустоэлектронного устройства на ПАВ.

**Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-07-04720.*

Список литературы

1. Гранкин И.М., Запунный А.М., Кулаева Ч.Г. Оптические системы измерения параметров устройств на поверхностных акустических волнах. Зарубежная радиоэлектроника. 1986, № 11, С. 38 -49.
2. Кравец Е.В., Петров П.Н. Пространственная импульсная характеристика акустоэлектронных устройств обработки сигналов антенных решеток. Успехи современной радиоэлектроники. 2013, № 2, С. 93-97.

- Петров П.Н., Сенин А.В. Пространственно-временная обработка сигналов акустоэлектронными устройствами с масштабными переизлучающими решетками. Информационно-управляющие системы. 2006, № 3, С.5-11.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ И МЕТОДИК ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ И ОБРАБОТКИ РЕЧИ В ПАКЕТНЫХ СЕТЯХ

Самойлов В.Е.

ФГБОУ ВО «Российский Университет Транспорта (МИИТ)», РФ, г. Москва

Для оценки качества передачи и обработки речи в современных пакетных телекоммуникационных сетях, как и любых других, наиболее распространены и известны два метода: методика субъективной оценки качества передачи речи MOS (Mean Opinion Score) и E-модель. Установлено, что наиболее точные результаты обеспечивают методики, основанные на комбинировании расчётов объективного показателя (R-фактор) с субъективной оценкой (MOS) качества передачи речи [5]. Однако помимо них существуют и применяются также и другие методики.

Все методы и методики оценивания качества передачи и обработки речи можно разделить на две группы: субъективные и объективные. К субъективным методам относятся: усреднённая субъективная оценка MOS, измерение разборчивости речи артикуляционными испытаниями, измерение разборчивости речи методом парных сравнений, измерение разборчивости речи методом оценки по селективным признакам и т.д. В свою очередь, к объективным методам относятся: метод E-модель, аналитические методы расчёта слоговой разборчивости речи, алгоритм PESQ, оценка искажения спектральной плотности мощности сигнала (СПМ) и др.

Рассмотрим подробнее наиболее распространённые методы и методики оценки качества передачи и обработки речи в пакетных сетях.

Методика субъективной оценки качества передачи речи MOS. Данная методика приведена в Рекомендации Международного союза электросвязи (ITU-T) P.800 [8]. В основе данной методики лежит оценка пользователем качества восприятия предоставляемой услуги связи. В соответствии с методикой MOS, качество передачи речи от одного пользователя к другому оценивается как среднее арифметическое значение оценок в баллах, выставляемых экспертами (пользователями) после прослушивания тестируемого тракта передачи. Эксперты выставляют оценки по пятибалльной шкале: 5 – «отлично», 4 – «хорошо», 3 – «удовлетворительно», 2 – «неудовлетворительно», 1 – «плохо». Обычно за норму качества принимается средняя оценка не ниже 3,5 баллов [5].

Методы субъективной оценки MOS могут быть использованы на любых сетях с коммутацией каналов и пакетов. Основной недостаток этой методики заключается в том, что она не позволяет выявить причину снижения качества передачи речи. Особенно актуальна такая задача для трактов различной конфигурации, характеризующихся широкими пределами изменения параметров передачи [5]. Как правило, самый большой балл, который можно получить по данной методике, равен 4,5. Рейтинг в 4,0 балла и выше рассматривается как очень высокий [6].

Значительным недостатком методики субъективной оценки MOS является то, что тесты рекомендации P.800 могут приводить к получению неоднозначных результатов, авторы этой рекомендации предупреждают о некорректности сравнения оценок MOS, полученных в разных условиях. К тому же лексика, рекомендуемая в P.800, даёт повод для субъективной интерпретации. Проблема состоит в том, что разница между «неудовлетворительным» («poor») и «плохим» («bad») качеством, намного меньше, чем между «неудовлетворительным» («poor») и «удовлетворительным» («fair»). Поэтому данную шкалу оценок нельзя считать равномерной. С изменением лексики изменятся и результаты. Они также могут зависеть от национальности участников тестов. Исследования показали, что если итальянцы, оценивая звонок положительно, ставят оценку «хорошо», то американцы – «удовлетворительно» [6]. Кроме того к недостаткам методов MOS следует отнести большую трудоёмкость в его реализации, заключающуюся в необходимости опроса статистически значимого количества экспертов [5].

E-модель. Данный метод относится к объективным методам и описывается рекомендацией ITU-T G.107. E-модель является общей моделью оценки качества передачи речи в сетях. Основной задачей метода является поиск значений параметра, называемого R-фактором. R-фактор представляет собой интегральный

показатель передачи речи, рассчитываемый по заданным параметрам речевого тракта с учётом его конфигурации [7]. Согласно [7] R-фактор вычисляется по формуле 1:

$$R = R_0 - I_S - I_d - I_{E-eff} + A, \quad (1)$$

где R_0 – основное отношение сигнал/помеха, включая шум окружающего помещения;

I_S – коэффициент, отражающий комбинацию всех воздействий, которые могут одновременно появиться вместе с сигналом речи и ухудшить качество восприятия;

I_d – коэффициент, отражающий ухудшение качества восприятия речи из-за задержки;

I_{E-eff} – коэффициент, отражающий ухудшение качества восприятия речи из-за использования низкоскоростных вокодеров;

A – компенсирующий коэффициент ожидания ухудшения качества передачи речи по сравнению с вариантом передачи по сети общего пользования [4].

Методика расчёта R-фактора позволяет учесть следующие особенности передачи речи:

- появление потерь речевых пакетов при передаче речи в сети с коммутацией пакетов, в связи с увеличением времени задержки передачи;
- использование в сети кодеков разных видов. Использование низкоскоростных кодеков, таких, например, как G723, G729 и др. может приводить к потере пакетов и появлению задержек передачи. Применение низкоскоростных кодеков позволяет увеличить пропускную способность сети, однако при этом значительно снижается качество речевого сигнала по сравнению со случаем применения высокоскоростных кодеков, таких как G.711, G.726-32 и др.
- осуществление передачи речи между двумя абонентами или поддержка групповых вызовов;
- использование в сети детекторов речевой активности VAD (Voice Activity Detection), позволяющих обнаруживать голосовую активность при возникновении сигнала, что позволяет отделять речь от шума [5].

Отмеченные особенности оказывают различное влияние на время задержки сигнала, которая создаёт неудобства за счёт, перекрытия разговоров и возникновения эха. Влияние задержки становится критичным, когда её величина в одном направлении передачи превышает 250 мс [5].

При расчёте R-фактора имеется возможность локализовать следующие причины и места возникновения задержек при формировании, передаче и обработке речевых пакетов в разговорном тракте: задержка накопления в кодеке (кодере или декодере); в буфере приёма или передачи; в сумматоре; в модуле адаптации; в IP-сети; в коммутаторе [5].

Кроме метода субъективной оценки MOS и E-модели существует множество других методов оценки качества передачи и обработки речи, поскольку излагать суть каждого из методов не имеет смысла, то ограничимся только лишь наиболее популярными методами.

Алгоритм PESQ. Данный алгоритм представляет собой объективную методику определения качества передачи речи, которая прогнозирует результаты субъективной оценки качества MOS слушателями-экспертами. Для определения качества передачи речи в PESQ предусмотрено сравнение входного, или эталонного (reference), сигнала с его искажённой (degraded) формой на выходе системы связи [6].

Результатом сравнения входного и выходного сигналов является оценка качества связи, которая аналогична усреднённой субъективной оценке MOS. Оценки PESQ калибруются с использованием огромной базы данных оценок MOS [6].

В алгоритме PESQ учитываются следующие причины ухудшения качества сигнала: искажение его при кодировании, ошибки при передаче, потеря пакетов, время задержки передачи пакетов и флуктуация этого времени, фильтрация сигнала в аналоговых сетевых компонентах. В PESQ не учитывается влияние на качество связи изменений уровня сигнала в сети, наличия эхо-сигнала и круговой задержки (round-trip delay) [6].

Общий принцип работы алгоритма PESQ приведён на рисунке 1.

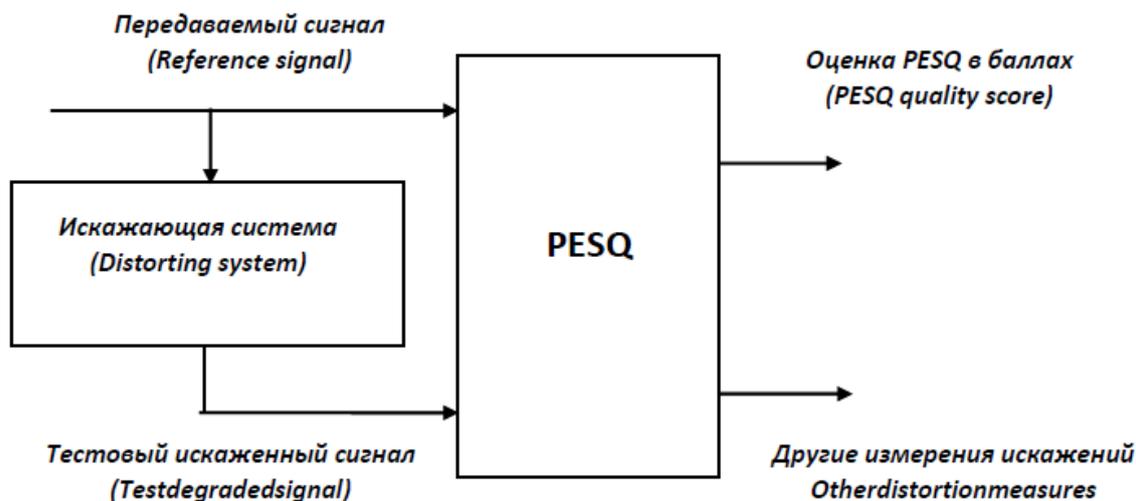


Рис.1. Общий принцип работы алгоритма PESQ

В процессе оценки качества передачи речи по алгоритму PESQ исследуемый сигнал претерпевает определённые изменения. В связи с этим для корректного сравнения входного и выходного речевых сигналов необходимо:

1. Провести процесс выравнивания уровней мощности входного и выходного сигналов.
2. Провести процесс выравнивания входного и выходного сигналов относительно друг друга по времени. Процесс выравнивания сигнал по времени производится в три этапа: выравнивание больших фрагментов активной речи, идентифицируемых детектором голоса; выравнивание частично совпадающих по времени небольших участков речи (кадров); повторное выравнивание «плохих интервалов», т.е. фрагментов речи с очень большими искажениями (осуществляется после операции слухового преобразования).
3. Провести операцию слухового преобразования, которая имитирует определённые особенности человеческого слуха.

В ходе сравнения друг с другом входного и выходного файлов формируется некоторое различие между сигналами, называемое поверхностью ошибок (error surface), оно указывает на все слышимые различия в звучании этих файлов, появляющиеся в тестируемой системе. На основании полученной поверхности ошибок рассчитываются два параметра искажений:

- абсолютные (симметричные) искажения – характеризуют абсолютную слышимую ошибку;
- дополнительные (асимметричные) искажения – характеризуют слышимые ошибки, которые значительно громче входного сигнала [6].

Результатом оценки качества передачи речи с помощью алгоритма PESQ являются два параметра искажений, в которых просуммированы значения ошибок каждого типа. На конечном этапе работы алгоритма данные параметры искажений преобразуются в оценку качества связи, которая является линейной комбинацией средних значений симметричных и асимметричных искажений [6].

Как уже отмечалось выше, алгоритм PESQ оценивает качество речи по стандартизированной пятибалльной шкале – от единицы до пяти. Однако оценка PESQ не может превысить 4,5 баллов, поскольку это максимальный показатель, который был получен путём субъективного тестирования по алгоритму MOS.

Ещё одной распространённой оценкой качества передачи и обработки речи является разборчивость речи (наиболее популярно понятие слоговой разборчивости речи). В российских стандартах чётко прописан процесс получения значений слоговой разборчивости речи, называемый **артикуляционными испытаниями**. Однако многие исследователи стремятся свести результаты своих работ в области оценки качества передачи и обработки речи к значениям слоговой разборчивости, что в свою очередь, рождает новые различные методики по получению (или переходу к значениям) значений слоговой разборчивости.

Согласно российским стандартам при проведении артикуляционных испытаний диктор зачитывает набор специально подобранных слогов, регламентируемых приложениями ГОСТ Р 50840-95 [2], его речь передаётся через испытуемый тракт связи, аудитор прослушивает переданные слоги и делает отметки, после

проведения испытаний подсчитывается число ошибок и делаются выводы о качестве передачи речи по данному тракту связи.

К аудиторам, проводящим оценку слоговой разборчивости, предъявляются определённые требования, которые как и порядок проведения испытаний подробно описан в ГОСТ Р 50840-95 [2]:

– артикуляционные испытания проводит бригада аудиторов в составе, трёх аудиторов, прошедшая специальное обучение, путём предварительного прослушивания артикуляционных используемых слоговых таблиц, указанных в приложении Б ГОСТ Р 50840-95 [2];

– бригада операторов знакомится с речевым материалом, привыкает к восприятию речи, искажённой в соответствующих акустических условиях испытуемым трактом;

– аудитор прослушивает искажённую аудиозапись и записывает принятые слоги в бланк;

– неправильно воспринятый слог аудитор выделяет в соответствующей пронумерованной строке бланка принятых слогов.

Подобным образом проводятся несколько испытаний, включающих в себя приём 20 таблиц при разных уровнях искажений сигнала, при этом последовательность таблиц каждый раз меняется. Для каждого испытания определяется среднее значение разборчивости. После чего определяют сомнительные значения, которые убирают из расчёта, и определяют новое значение разборчивости [2].

При достижении бригадой стабильных результатов измерения разборчивости (2 – 3 дневная стабильность значений средней разборчивости по бригаде) подготовку считают законченной. Аудиторы подлежат замене или исключению из бригады в случае систематического отклонения от средних значений по бригаде. После приёма 5 таблиц делается 5 – 10 минутный перерыв. При работе в шумных помещениях бригада приступает к испытаниям после 5 – 10 минут адаптации к шуму [2].

Так же как и для метода субъективной оценки MOS, существуют объективные методы получения значений слоговой разборчивости. Так в работе [1] формулой 2 представлена **методика аналитической оценки слоговой разборчивости** для русскоязычной речи:

$$S = 35 + 65(1 - e^{-0,05ОСШ}). \quad (2)$$

Эта работа показывает, что разборчивость речи, не только слоговая разборчивость, поскольку давно известны зависимости, связывающие слоговую, фразовую и другие виды разборчивости речи [3], зависит от отношения сигнал/шум на выходе тракта связи. Что, в свою очередь, определяет отношение сигнал/шум (ОСШ) ещё одним критерием в оценке передачи и обработки речи.

Кроме артикуляционных испытаний российскими стандартами регламентируется ещё и другие методики определения качества передачи речи. Представим некоторые из них.

Измерение качества речи методом оценки по селективным признакам. Измерения проводит бригада аудиторов путём прослушивания фраз, прошедших через контрольный и испытуемый тракты, и определяют наличие следующих селективных признаков искажения в звучании речи относительно контрольного тракта:

– картавость;

– плаксивость;

– гнусавость;

– механический голос;

– дребезжание, хрип;

– помеха в паузах речи.

Оценку степени искажения признаков на голосе каждого диктора осуществляют по трёхбалльной шкале, где 0 – отсутствие признака, 1 – присутствует (редко встречается), 2 – выражен сильно (присутствует постоянно). По данным измерений вычисляют среднее значение степени искажения каждого из шести селективных признаков [2].

Измерение фразовой разборчивости при ускоренном темпе произнесения. Измерение проводят путём передачи по испытуемому тракту таблиц, состоящих из коротких фраз с фиксацией их правильного приёма. В приёме таблиц участвует пара операторов: аудитор и контролёр. Аудитор произносит вслух принятую фразу, а контролёр фиксирует в отпечатанной таблице правильность её приёма. При этом измерения осуществляют при нормальном и ускоренном темпе произнесения двух таблиц фраз с участием бригады в составе не менее 3 дикторов и 4-5 пар операторов.

Обработка результатов состоит в вычислении среднего значения разборчивости для ускоренного и нормального темпа произнесения фраз по формуле. Как и в предыдущем случае метод рекомендуется применять при углублённом анализе факторов искажения речи в тракте связи [2].

Кроме описанных методов существует достаточное количество других методик и алгоритмов оценки качества передачи и обработки речи. Однако, как правило, стараются углубить, улучшить и обновить наиболее распространённые стандартизированные методики, такие как методика субъективной оценки MOS, E-модель, разборчивость речи и др. Так, например, получили широкое распространение попытки автоматизировать процесс получения оценок MOS, в связи, с чем появились такие алгоритмы оценки качества передачи речи как: PSQM, PSQM+, PESQ, PAMS и др.

Список литературы

1. Горелов Г. В., Казанский Н. А., Лукова О. Н. Методика оценки качества пакетной передачи речи в интегральных цифровых сетях // Электросвязь, 1992. – № 9. – С. 31-33.
2. ГОСТ Р 50840-95. Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости. – Москва: Изд-во стандартов, 1995. – 198 с.
3. Колготин П.В. Оценка параметров каналов и развитие измерительных технологий в сетях связи специального назначения // Молодой ученый. — 2011. — №10. Т.1. — С. 34-39.
4. Меркулов А.Г. Оценка качества передачи речи VOIP через цифровые высокочастотные каналы связи // Перспективы науки. – 2014. – №1 (52). – С. 54-59.
5. Рахмангулов А.Н., Мирсагдиев О.А. Показатели оценки качества связи в пакетной сети на железнодорожном транспорте // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2015. – Т.5. – № 1 (6). – С. 51-55.
6. Хромой Б.П., Аджемов А.С. Оценка качества передачи речи в сотовой связи // В сборнике: «Мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом» XXXIV международная конференция РАЕН. – 2013. – С.34-42.
7. Recommendation ITU-T G.107 – 2011 The E-model: a computational model for use in transmission planning. – 18 p. [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.107>.
8. Recommendation ITU-T P.800 Methods for subjective determination of transmission quality. – 37 p. [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.itu.int/rec/T-REC-P.800-199608-I/en>.

О ПРОБЛЕМЕ ИЗУЧЕНИЯ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ЖЕЛЕЗИСТЫХ ПРИМЕСЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД

Сандуляк А.А., Киселев Д.О., Полисмакова М.Н., Сандуляк Д.А., Сандуляк А.В.

Московский технологический университет, РФ, г. Москва

На основании анализа нормативной базы содержания железистых примесей в различных технологических средах обосновывается необходимость в изучении их магнитных свойств (магнитной восприимчивости) – для потенциального использования магнитной сепарации. Указывается на недостаточную информативность имеющихся концентрационных и полевых зависимостей восприимчивости дисперсных образцов с включениями частиц ферропримесей, а также на нецелесообразность использования для этой цели не «жестких» образцов (в виде суспензий и коллоидов). Анализируются имеющиеся и новые результаты, свидетельствующие о «позднем изломе» концентрационных зависимостей восприимчивости дисперсных образцов. Приводятся данные магнитной восприимчивости железистых частиц примесей, выделенных магнитофорезом из многих технологических сред.

Ключевые слова: железистые примеси, магнитная восприимчивость, концентрационная и полевая зависимости, дисперсный образец, магнитная сепарация, магнитофорез.

Одним из факторов, оказывающих негативное влияние на качество сырья и продукции, а также на состояние и работоспособность эксплуатируемого оборудования, является наличие железистых примесей как в самих сырьевых компонентах, так и в получаемых на их основе различных технологических средах, материалах и изделиях. Эти примеси, содержание которых нормируется (табл.1), могут быть природного происхождения или привнесенными в результате неизбежных процессов износа и коррозии оборудования.

Для соблюдения требуемых нормативных показателей применяется магнитная сепарация – на том основании, что железистые примеси преимущественно обладают ферро- и ферромагнитными свойствами. От доли фракции примесей, которым присущи такие свойства (т.е. доли феррофракции), и, что не менее важно – от уровня этих свойств, зависит результативность магнитной сепарации (магнитофореза), а от объективных данных контроля – выбор оптимальных технико-технологических решений по эффективному воздействию на такие примеси и их удалению.

Давно существующие и успешно применяемые многие методы химического контроля, например, в соответствии с ГОСТ №№ 5100, 22552.2, 26318.3, 23673.2, 19728.4, 52530 и др., базирующиеся на переводе железа (в том числе находящегося в составе различных соединений) в ионную форму, дают информацию об общем содержании железа (или в пересчете на его окислы).

Для получения информации о содержании «магнитных» форм железа и его соединений целесообразно применять метод пооперационного магнитоконтроля, который заключается во многократном (см. ГОСТ №№ 23672, 25216, 20239, 15113.2, 12573, 5901, 13496.9, 13979.5, 17681, 26185) магнитном выделении, накоплении и последующем измерении масс ферро- и ферромагнитных примесей (ферропримесей). Существенным развитием этого метода, позволившим повысить достоверность и информативность контроля, явилась концепция функциональной экстраполяции специально получаемой (асимптотически убывающей), массово-операционной зависимости [3, 4]. Созданная опытно-расчетная модель магнитоконтроля дает возможность определять общую массу (включая остаточную) ферропримесей, находящуюся в пробе среды, а, следовательно, их фактическую массовую долю (концентрацию).

Вместе с тем, этот метод, вполне позволяющий оперировать такими понятиями как «магнитная» («магнитно-восприимчивая», «магнитоактивная» и т.п.) фракция, является все же полуколичественным и нуждается в дополнении информацией о магнитной восприимчивости как выделяемых (в результате магнитофореза) конгломератов частиц, так и отдельных частиц, входящих в конгломерат (дисперсный образец).

Табл. 1. Выборка нормативных показателей содержания железистых примесей в различных средах.

Отрасль промышленности	Среда	Нормативные показатели	№№ ГОСТов
Стекольная и керамическая промышленность	Песок кварцевый, молотые песчаник, кварцит и жильный кварц	0,01-0,26 %	22551, 15045, 23672, 23671, 21234, 21286, 5100
	Материалы кварц-полевошпатовые	0,2-0,3 %	
	Доломит	0,05-0,4 %	
	Известняк кусковой	0,1-0,3 %	
	Тальк молотый	5-8 %	
	Каолин обогащенный	0,6-1,2 %	
	Сода кальцинированная техническая	0,003-0,008 %	
Пищевая промышленность	Мука пшеничная, ржаная и др., а также для продуктов детского питания	3 мг/кг	52189, 52809, 14176, 31463, 31491, 12183, 3898, 31645, 572, 3034, 7022, 6002, 5784, 5550, 2929,
	Крупа различных сортов		
	Сухари панировочные		
	Кофе натуральный растворимый	0,0003 %	6201, 28402, 32776, 33222, 108, 7169,
	Сахар-песок		
	Какао-порошок	1,5-5 мг/кг	7170, 13797, 11048,
	Отруби		
	Мука витаминная	8-10 мг/кг	26826, 17536, 22455

	Жмых рапсовый	0,01%	
	Мука кормовая, известняковая и др., крупка	100-200 мг/кг	
Горюче-смазочные материалы	Смазочно-охлаждающая жидкость (для операций шлифования, точения, сверления и пр.)	0,04-0,5 г/л	50558, 20799, 98581, 51866-2002 (ЕН 228-2004)
	Индустриальное масло*	0,005%	
	Моторное масло*	0,015-0,025%	
	Бензин	0,01 г/дм ³	

* Речь идет о механических примесях, подавляющую часть которых в большинстве случаев составляют ферропримеси

Получение таких данных является крайне необходимым для разработки и применения различных аппаратов магнитофореза (в частности, магнитных сепараторов) для решения технико-технологических задач в промышленности, биологии, медицине, экологии и пр. На роль магнитной восприимчивости частиц указано во многих работах, этот параметр фигурирует в выражении для магнитной силы уравнении магнито-фильтрационного разделения и в [18, 19], воздействующей на такие частицы.

В [5, 6] приведены в систематизированном виде многочисленные, полученные разными исследователями, данные магнитной восприимчивости $\langle \chi \rangle$ дисперсных образцов, а именно порошков, суспензий и коллоидов – в зависимости от объемной доли (концентрации) дисперсной фазы γ и напряженности магнитного поля H . При этом показана возможность описания этих зависимостей функциями, близкими к степенным: $\langle \chi \rangle \sim \gamma^{1,1}$ (в достаточно широком диапазоне γ , преимущественно при повышенных значениях γ) и $\langle \chi \rangle \sim 1/H^{0,7...0,8}$ (при значениях $H > 90-100$ кА/м, т.е. в постэкстремальной области, характерной для условий магнитофореза).

Установлению функционального вида таких зависимостей, в частности, $\langle \chi \rangle$ от H (рис.1) способствовали и эксперименты [5, 7], где использовались порошковые образцы, дисперсную фазу которых (при том или ином значении γ) составляли частицы магнетита (рис.1а). Использовались также порошковые образцы, дисперсную фазу которых составляли частицы, выделенные магнитофорезом из различных промышленных сред (рис.1б): 1 – дренажного конденсата АЭС ($\gamma=0,03$), 2 – возвратного конденсата ТЭЦ ($\gamma=0,15$), 3 – аммиачной воды ($\gamma=0,06$), 4 – пара, как исходного компонента аммиачной воды ($\gamma=0,074$), 5 – жидкого аммиака, транспортируемого по аммиакопроводу ($\gamma=0,05$), 6 – жидкого аммиака производства азотной кислоты ($\gamma=0,1$), 7 – оборотной воды прокатного стана ($\gamma=0,225$), 8 – газообразного аммиака производства азотной кислоты ($\gamma=0,04$). Кроме того, использовались порошковые образцы, дисперсную фазу которых составляли частицы отложений на рабочих поверхностях оборудования (рис.1б): 9 – на платиновом катализаторе контактного агрегата производства азотной кислоты ($\gamma=0,217$), 10 – на экранной трубе котлоагрегата ($\gamma=0,284$).

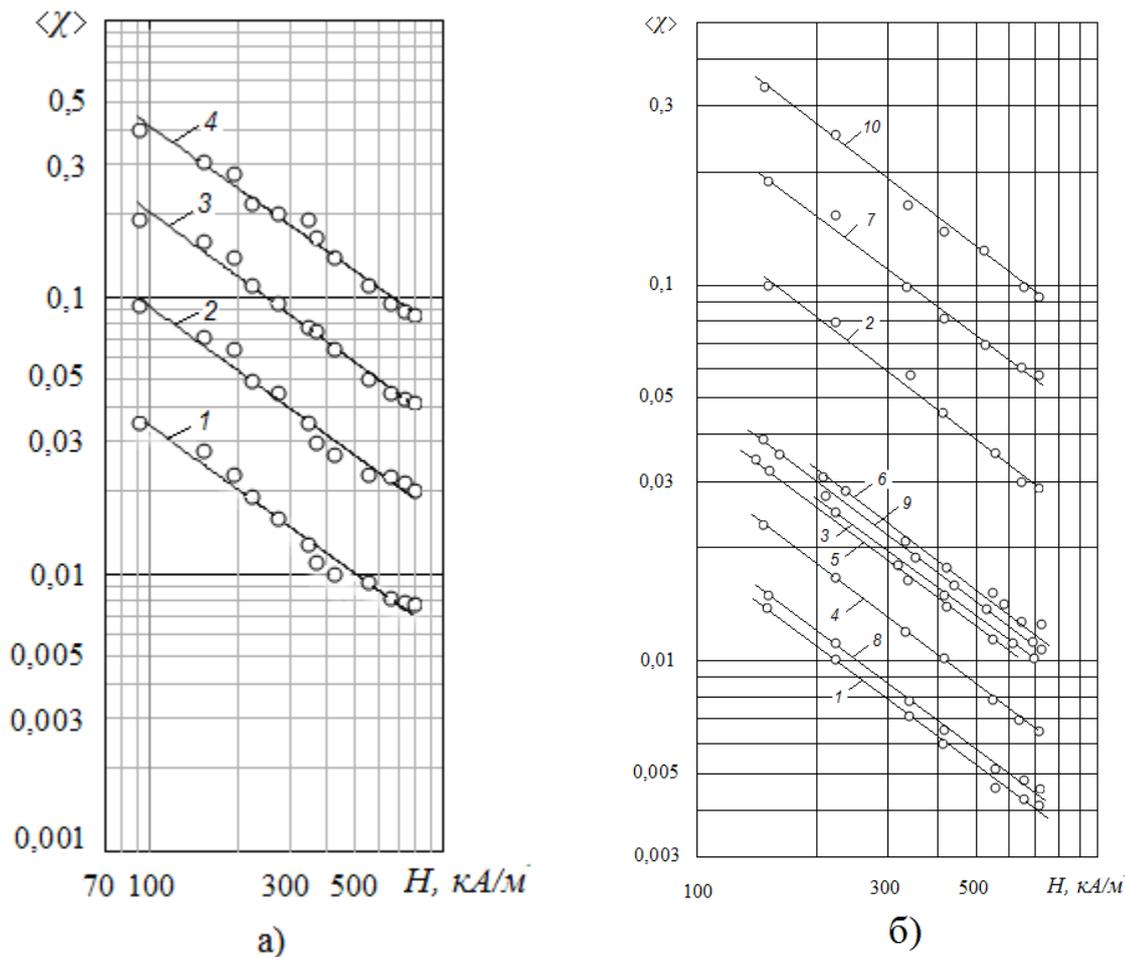


Рис.1. Полевые зависимости (по данным [5, 7]) магнитной восприимчивости порошковых образцов с дисперсной фазой: а) магнетита (1 – $\gamma = 0,02$, 2 – $\gamma = 0,05$, 3 – $\gamma = 0,1$, 4 – $\gamma = 0,2$), б) примесных феррочастиц, выделенных магнитофорезом из различных (указано в тексте) сред (1 – $\gamma = 0,03$, 2 – $\gamma = 0,15$, 3 – $\gamma = 0,06$, $\gamma = 0,1$, 4 – $\gamma = 0,074$, 5 – $\gamma = 0,05$, 7 – $\gamma = 0,225$, 8 – $\gamma = 0,04$, 9 – $\gamma = 0,217$, 10 – $\gamma = 0,284$).

Для определения магнитной восприимчивости отдельных частиц (входящих в исследуемый дисперсный образец) χ по известному соотношению:

$$\chi = \langle \chi \rangle / \gamma \quad (1)$$

необходимо обеспечить их достаточную взаимную разобоченность в образце – чтобы взаимное магнитное влияние частиц практически отсутствовало. Это, по ряду данных, рассматриваемых в [6, 7], достигается при допустимых для этого значениях $\gamma = [\gamma] \leq 0,02-0,05$. Однако мнение о допустимом значении $[\gamma]$ является пока дискуссионным. Так, следует принять во внимание данные [15], согласно которым размагничивающий фактор дисперсного образца никак не проявляет себя вплоть до значений $\gamma \cong 0,2$. Косвенно это означает, что в намагничиваемом дисперсном образце частицы практически не оказывают магнитного влияния друг на друга при $\gamma \leq 0,2$. Следовательно, допустимыми (для определения χ по формуле (1)) вполне могут быть гораздо бóльшие значения: $\gamma = [\gamma] \leq 0,2$.

Получение экспериментальных зависимостей $\langle \chi \rangle$ от γ и идентификация их линейных (начальных) участков, когда $\langle \chi \rangle \sim \gamma$ (что должно свидетельствовать о практически полном отсутствии взаимного магнитного влияния частиц) – предмет специального исследования.

Как показано в [6, 7] на основе данных [1, 2], такой результат ($\langle \chi \rangle \sim \gamma$ до $\gamma \approx 0,25$) в определенной мере можно считать справедливым и для дисперсной среды с дисперсной фазой в виде шаров («макрочастиц»). К тому же, упомянутые выше данные [5-7], не выходящие за пределы значения $\gamma = 0,25$ и

как бы указывающие (в логарифмических координатах) на степенную связь $\langle \chi \rangle \sim \gamma^{1,1}$, будучи обработанными в обычных координатах [7, 8], демонстрируют характер, близкий к линейному.

Надо отметить, что для получения данных магнитной восприимчивости дисперсных образцов $\langle \chi \rangle$, особенно в целях последующей оценки магнитной восприимчивости ферро- и ферримагнитных элементов χ дисперсной фазы, следует обязательно использовать соответствующие образцы в виде структуры, предполагающей жесткую фиксацию этих элементов (частиц, зерен, гранул). Ими могут быть «матричные» образцы, в частности, на основе затвердевающего немагнитного материала (клей, смола) [10, 14, 16, 23], а также в виде смешиваемых двухкомпонентных порошковых, зернистых, гранулированных засыпок.

Оговорим специально, что использование для этой цели суспензий и коллоидов вряд ли оправдано, поскольку феррочастицы их дисперсной фазы склонны к образованию цепочек и агрегатов частиц, особенно при наложении магнитного поля [12, 17, 22]. А это может существенно изменить и даже исказить результат определения магнитной восприимчивости самой дисперсной среды $\langle \chi \rangle$ (при той или иной объемной фазы дисперсной фазы γ) и, разумеется, восприимчивости частиц χ .

Сказанному можно привести подтверждение на примере экспериментальных данных [20] по определению магнитной восприимчивости коллоидов магнетита $\langle \chi \rangle$ с объемной долей дисперсной фазы магнетита $\gamma=3,57\%$ (0,0357), $\gamma=1,785\%$ (0,01785) и $\gamma=0,893\%$ (0,00893) в поле напряженностью от $H=2,6$ кА/м до $H=190$ кА/м. Эти данные показаны на рис.2 (здесь сохранены присущие для [19] обозначения χ_{II} и φ для фигурирующих здесь параметров $\langle \chi \rangle$ и γ).

На основании этих, полученных в [20] (рис.2), полевых, расслаивающихся по γ (φ), зависимостей $\langle \chi \rangle$ (χ_{II}), учитывая при этом, что значения γ (φ) сравнительно малые, удовлетворяющие даже указанному весьма требовательному условию к γ , можно предпринять попытку применения для них выражения (1). Тем самым, наряду с предполагаемым обобщением показанного на рис.2 семейства из трех полевых зависимостей χ_{II} (или, что то же: $\langle \chi \rangle$), одновременно можно было бы получить информацию и о соответствующей магнитной восприимчивости самих частиц магнетита χ .

Однако об удовлетворительном обобщении рассматриваемых данных (рис.2) единой зависимостью χ от H вряд ли можно говорить (рис.3). Более того, получаемые данные χ вступают в противоречие с физически возможными значениями магнитной восприимчивости отдельных, обязательно обладающих определенным размагничивающим фактором N , частиц магнетита.

Действительно, из общеизвестного понятия о размагничивающем факторе N , а именно $N=1/\chi-1/\chi_m$, где χ_m – магнитная восприимчивость материала, из которого состоит частица (здесь магнетит) следует, что при усредненном значении N для частиц (не удлиненных) $N \cong 1/3$ [11, 13, 21] между χ и χ_m :

$$\chi = \frac{3\chi_m}{3 + \chi_m} = \frac{3}{3/\chi_m + 1}. \quad (2)$$

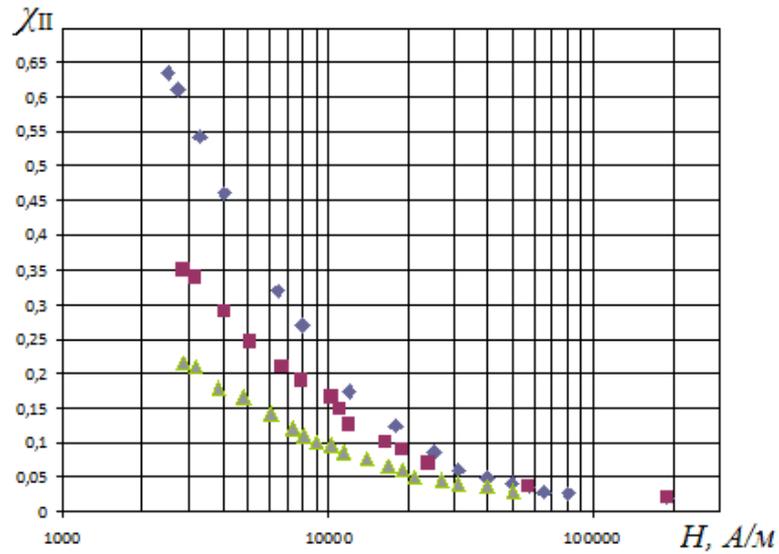


Рис.2. Полевые зависимости [20] магнитной восприимчивости суспензий магнетита χ_{II} (следует воспринимать как $\langle \chi \rangle$) при различной объемной доле частиц магнетита φ (следует воспринимать как γ); \diamond – $\varphi = 3,57\%$, \blacksquare – $\varphi = 1,785\%$, \blacktriangle – $\varphi = 0,893\%$.

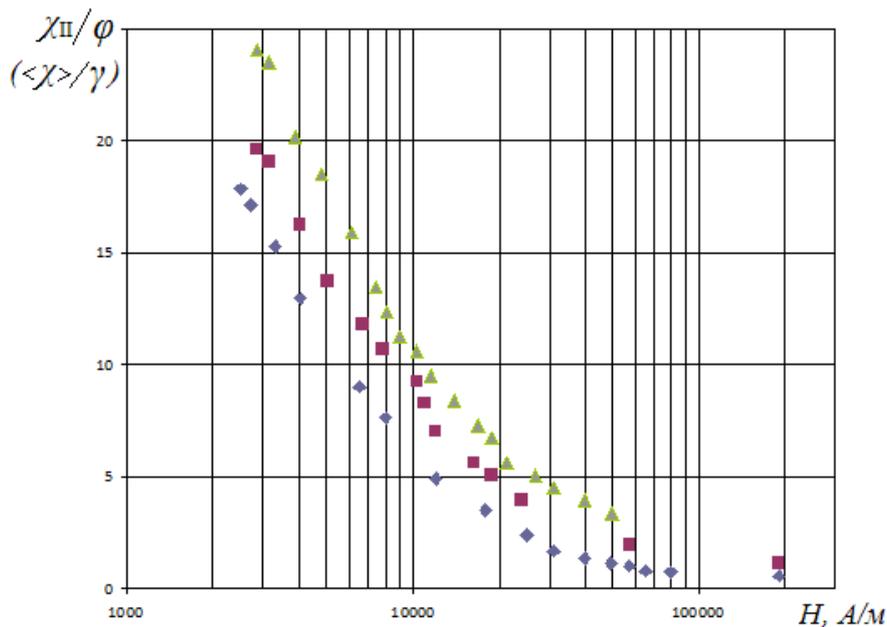


Рис.3. Данные рис.2, представленные в координатах с ординатой $\langle \chi \rangle / \gamma$.

Значит, при фактически повышенных и даже высоких значениях магнитной восприимчивости χ_m материала, из которого состоит та или иная шарообразная частица (в том числе и из магнетита), значения восприимчивости самой частицы: $\chi < 3$. В то же время значения χ на рис.3 превышают эту величину, причем в области сравнительно малых H , где значения χ_m повышенные, такое превышение существенное – более чем в 6 раз.

Такие, казалось бы, парадоксально увеличенные, значения χ могут быть объяснены только одним, а именно иным (намного меньшим или практически отсутствующим) размагничивающим фактором – из-за образования цепочек частиц. В этой связи целесообразно сравнить показанные на рис.3 данные магнитной восприимчивости частиц магнетита χ (точнее – восприимчивости цепочек частиц) с приведенными в [5] данными ряда авторов о восприимчивости материала магнетита χ_m . Эти данные фактически ближе к данным χ_m , чем к данным χ , что действительно свидетельствует об образовании цепочек частиц, а значит – о минимизации размагничивающего фактора.

В [7] приведено прямое доказательство видимого перехода (при $\gamma=[\gamma]=0,2-0,25$) зависимости $\langle \chi \rangle$ от γ (в расширенном диапазоне γ) из линейной в нелинейную. Оно получено с помощью магнетометра Фарадея (полусные наконечники: полусферы диаметром 100 мм [9]), в качестве дисперсной фазы образца (диаметром 5 мм) использовался порошок магнетита. Для получения того или иного значения γ определенную массу этого порошка смешивали с размолотым песком. При этом о предельном (исключительно для порошка) значении γ в образце судили по значению этой массы и занимаемому ею объему, с учетом плотности материала частиц (ее можно контролировать методом вытеснения).

На рис.4 показаны полученные таким же образом концентрационные зависимости (при различной напряженности поля $H=80-145$ кА/м) магнитной восприимчивости $\langle \chi \rangle$ дисперсных (порошковых) образцов с дисперсной фазой ферропримесей, выделенных магнитофорезом из сахара-песка, кварцевого песка, манной крупы, вторичного пластикового сырья.

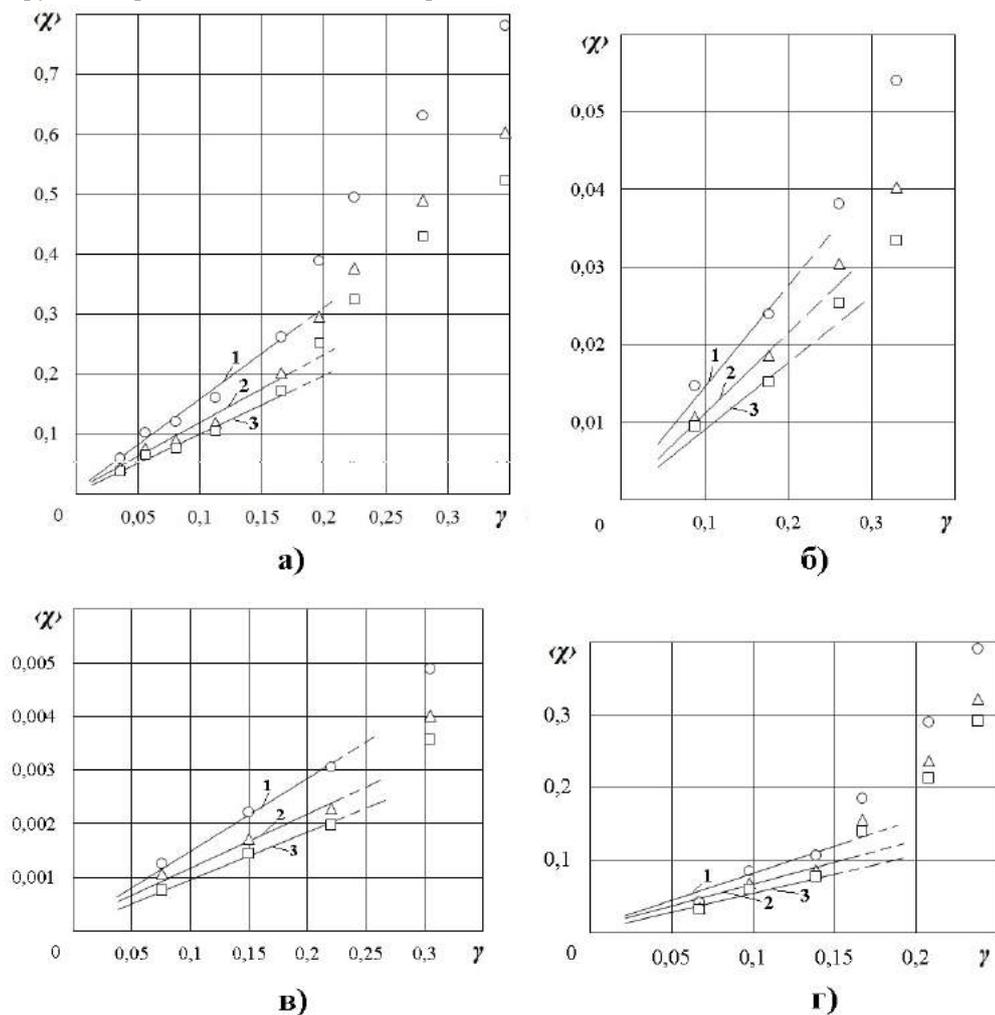


Рис.4. Результаты определения магнитной восприимчивости $\langle \chi \rangle$ порошкового образца с дисперсной фазой ферропримесей сахара-песка (а), кварцевого песка (б), манной крупы (в), вторичного пластикового сырья (г) в зависимости от объемной доли γ в нем дисперсной фазы ферропримесей при различных значениях напряженности поля H ; 1 – $H = 80$ кА/м, 2 – 115, 3 – 145.

Отчетливо видно (рис.4), что линейный тренд получаемых зависимостей $\langle \chi \rangle$ от γ сохраняется практически до $\gamma \cong 0,2$. Следовательно, использование данных $\langle \chi \rangle$ из линейных участков этих зависимостей (рис.4) дает возможность получения по (1) данных магнитной восприимчивости χ феррочастиц. В частности, при $H=115-145$ кА/м величина χ составила: для ферропримесей сахара-песка – $\chi=1,15$ (сравнительно повышенные магнитные свойства), для ферропримесей кварцевого песка – $\chi=0,011$

(сравнительно заниженные магнитные свойства), для манной крупы – $\chi=0,107$, для вторичного пластикового сырья – $\chi=0,65$. При этом, учитывая отмеченный ранее факт, что $\langle \chi \rangle \sim 1/H^{0,8}$, а значит, и $\chi \sim 1/H^{0,8}$, становится возможным определение χ и при других значениях H , разумеется, в постэкстремальной области H .

Принимая во внимание установленное критериальное значение $\gamma \cong 0,2-0,25$ (напомним, ограничивающее линейный тренд зависимости $\langle \chi \rangle$ от γ), представляется возможным по данным $\langle \chi \rangle$ на рис.1б найти значения магнитной восприимчивости ферропримесей (как $\chi = \langle \chi \rangle / \gamma$) ряда техногенных сред, причем подобно рис.1б (где $\langle \chi \rangle \sim 1/H^{0,8}$) – в виде полевых зависимостей (рис.5).

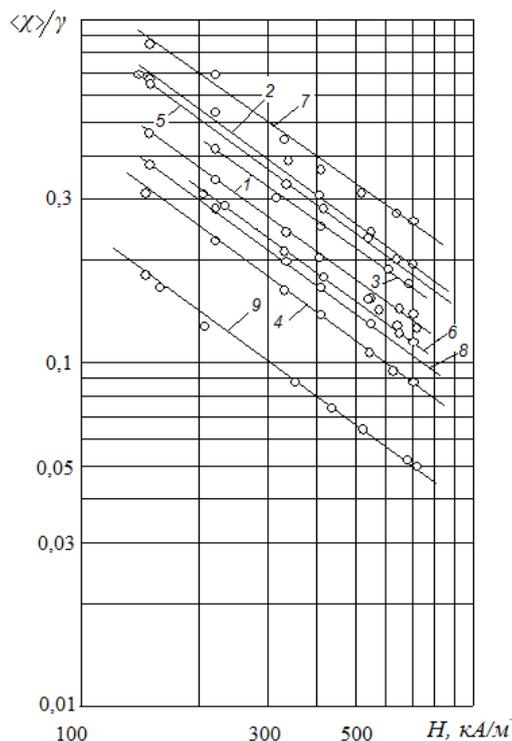


Рис.5. Полевые зависимости магнитной восприимчивости частиц примесей, выделенных магнитофорезом из технологических сред (по данным рис.1б).

Так, сравнительно повышенными магнитными свойствами (рис.5) обладают ферропримеси оборотной воды прокатного стана (7), возвратного конденсата ТЭЦ (2), жидкого аммиака, транспортируемого по трубопроводу (5), аммиачной воды (3). Несколько уступают им ферропримеси дренажного конденсата АЭС (1), жидкого и газообразного аммиака производства азотной кислоты (6 и 8), пара как исходного компонента аммиачной воды (4).

Описанный подход к получению данных магнитной восприимчивости феррочастиц (в том числе ферропримесей), как и сами данные, могут оказаться весьма полезными при решении научных и прикладных задач магнитоконтроля частиц и их эффективного магнитофореза.

Список литературы

1. Григорьев М.Н., Кирко И.М. Моделирование намагничивания ферродиэлектриков. Доклады АН СССР. 1955. Т. 102. № 4. С. 733–736.
2. Григорьев М. Н., Кирко И. М. Исследование намагничивания структуры, моделирующей магнитодиэлектрик. Журнал технической физики. 1956. Т. 26. Вып. 7. С. 1501–1508.

3. Сандуляк А.А., Полисмакова М.Н., Ершов Д.В. и др. Функциональная экстраполяция массово-операционной характеристики магнитофореза как основа прецизионного метода контроля феррочастиц. *Измерительная техника*. 2010. № 8. С. 57–60.
4. Сандуляк Д.А., Сандуляк А.А., Слепцов В.В. и др. Развитие опытно-расчетного метода полиоперационного магнитоконтроля феррочастиц. *Измерительная техника*. №5. 2016. С. 53–56.
5. Сандуляк А.В. Магнитно-фильтрационная очистка жидкостей и газов. М. Химия. 1988. 133с.
6. Сандуляк А.А., Сандуляк Д.А., Полисмакова М.Н., Сандуляк А.В., Киселев Д.О., Ершова В. А. Анализ концентрационных зависимостей магнитной восприимчивости дисперсных магнетитосодержащих сред. *Инженерно-физический журнал*. 2017. Т. 90. № 4. С. 890–896.
7. Сандуляк А.А., Полисмакова М.Н., Киселев Д.О. и др. Об ограничении объемной доли частиц в дисперсном образце (при контроле их магнитных свойств). *Тонкие химические технологии*. 2017. Т. 12. № 3. С. 11–17.
8. Сандуляк Д.А., Сандуляк А.А., Киселев Д.О. и др. Определение магнитной восприимчивости феррочастиц по данным восприимчивости их дисперсных образцов. *Измерительная техника*. 2017. № 9. С. 48–52.
9. Сандуляк А.А., Сандуляк А.В., Полисмакова М.Н. и др. Подход к координации малообъемного образца при реализации пондеромоторного метода определения его магнитной восприимчивости. *Российский технологический журнал*. 2017. № 2. С. 57–69.
10. Chevalier A., Mattei J.-L., M. Le Flo'ch. Ferromagnetic resonance of isotropic heterogeneous magnetic materials: theory and experiments. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2000. V. 215-216. P. 66-68.
11. Chevalier A., M. Le Flo'ch. Dynamic permeability in soft magnetic composite materials. *Journal of Applied Physics*. 2001. V. 90. P. 3462-3465.
12. Franzreb M., Siemann-Herzberg M., Hogley T.J., et al. Protein purification using magnetic adsorbent particles. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2006. V. 70. P. 505–516.
13. Fukui S., Nakajima H., Ozone A., et al. Study on Open Gradient Magnetic Separation Using Multiple Magnetic Field Sources. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. V. 12. No. 1. P. 959–962.
14. Lin G.Q., Li Z.W., Chen L., et al. Influence of demagnetizing field on the permeability of soft magnetic composites. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2006. V. 305. P. 291–295.
15. Mattei J.-L., M. Le Flo'ch. Percolative behaviour and demagnetizing effects in disordered heterostructures. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2003. No. 257. P. 335–345.
16. Mattei J.-L., M. Le Flo'ch. Effects of the magnetic dilution on the ferrimagnetic resonance of disordered heterostructures. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2003. V. 264. P. 86–94.
17. Ngomsik A-F., Bee A., Draye M., et al. Magnetic nano- and microparticles for metal removal and environmental applications: a review. *C. R. Chimie*. 2005. V. 8. P. 963–970.
18. Sandulyak D.A., Snedkov A.B., Sandulyak A.A., et al. Functional Properties of Granular and Quasi-granular Ferromagnetic Material (Filter-matrix) in Magnetophoresis Technology. *Proceedings of the 2015 4th International Conference on Materials Engineering for Advanced Technologies (ICMEAT 2015)*. ISBN: 978-1-60595-242-0. P. 663-665.
19. Sandulyak D.A., Sleptsov V.V., Sandulyak A.A., et al. Filtration Magnetophoresis Process: an Approach to Choosing a speed Regime. *Proceedings of the 2015 International Conference on «Recent Advances in Mechanics, Mechatronics and Civil, Chemical and Industrial Engineering»*. Zakynthos Island, Greece. July 2015. ISBN: 978-1-61804-325-2. ISSN: 2227-4588. P. 72–76.
20. Skumiel A., Jozefczak A., Hornowski T., et al. The influence of the concentration of ferroparticles in a ferrofluid on its magnetic and acoustic properties. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2003. V. 36. P. 3120–3124.
21. Weidenfeller B., Anhalt M., Riechemann W.. Variation of magnetic properties of composites filled with soft magnetic FeCoV particles by particle alignment in a magnetic field. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2008. V. 320. P. 362–365.
22. Yavuz C.T., Mayo J.T., Yu W.W., et al. Low-Field Magnetic Separation of Monodisperse Fe₃O₄ Nanocrystals. *Science*. 2006. V. 314. P. 964–967.
23. Zubarev A.Y. On the theory of the magnetic deformation of ferrogels. *Soft Matter*. 2012. V. 8. P. 3174-3179.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ УПРУГОСТИ КОЖНОГО ПОКРОВА

Семенова Е.П.

ФГБОУ ВПО КНИТУ им. А.Н. Туполева – КАИ, РФ, г. Казань

Разработка методов исследования физиологических параметров кожи началась более 30 лет назад. При этом использовались они в основном для решения задач, связанных с исследованием параметров кожи, и оценки эффективности препаратов, применяемых в дерматологии [3]. В дальнейшем методы функционального анализа стали использовать в следующих целях:

- для проведения исследований об изменениях свойств кожи, происходящих с возрастом и под влиянием различных факторов внешней среды;
- при апробации новых лекарственных и косметических препаратов и средств наружного применения;
- для диагностики функционального состояния кожи и корректного назначения плана лечения в дерматологии.

Кожа защищает организм человека от механических, физических, химических, а также и биологических воздействий, препятствуя проникновению в кровь вирусов, бактерий, грибов.

Свойства кожи как физического тела имеют для организма человека хотя и важное, но ограниченное значение и используются, в основном, в защите от механических воздействий. Например, механическая защита является одной из функций кожи ладоней рук и подошв ног.

Кроме того, барьерно-защитные функции распространяются не только на внешнюю среду, но и на сам организм. Кожа не дает организму нарушать свою структуру, свою форму.

При непосредственном участии кожного покрова организм сохраняет в необходимых пределах параметры своей внутренней среды, регулирует температуру [3], задерживает одни и выводит другие вещества.

При оценке функционального состояния кожи наиболее важными параметров являются:

- биомеханические свойства кожи (упругость, эластичность, прочность);
- увлажненность;
- микрорельеф;
- цветовые характеристики;
- поверхностный pH;
- жирность.

Механические свойства эпидермиса определяются коллоидно-осмотическим и гидростатическим равновесием и, как следствие, липидным балансом. Кроме того, они тесно связаны с механическими свойствами компонентов дермы, которые во многом обусловлены растяжимостью ее эластиновых и коллагеновых волокон и их количественным соотношением, а также их пространственной организацией.

У стареющей кожи при нарушении водного баланса и дезорганизации пространственной структуры соединительно-тканых волокон будут изменяться и механические свойства: кожа теряет эластичность, становится более грубой.

Процессы старения кожи характеризуются изменениями на уровне белковых структур дермы — коллагена и эластина, а также изменениями межклеточного матрикса дермы. Эти процессы проявляются снижением эластичности и ослаблением тургора кожи, что является типичным признаком старения кожи. Поэтому исследование механических свойств кожи рассматривается как обязательный элемент общей оценки изменений кожи, а также эффективности проводимой терапии [3]. Кроме того, показатели эластичности и плотности кожи могут использоваться для формирования типологических и морфологических групп, выявления возрастных тенденций.

Необходимо отметить, что кожа человека неразрывно связана с внутренними органами, и по состоянию кожи можно судить о состоянии его здоровья [2,3]. В отличие от внутренних органов кожа доступна для обследования. Основными методами, используемыми врачами, являются внешний осмотр и оценка вязкоупругих свойств кожи путем пальпации. Изменение вязкоупругих свойств в ряде случаев может быть связано с патологией внутренних органов человека. Вязкоупругие свойства кожи могут отражать возрастные изменения в организме. В этих и ряде других случаях необходимо иметь объективные значения

параметров, характеризующих вязкоупругие свойства, которые врач в силу своих субъективных ощущений дать не может.

Решению этой проблемы могли бы помочь измерение механических параметров кожи

При изучении механических свойств кожи чаще других используют понятия «упругость», «эластичность» и «плотность» (жесткость) [1,3,4].

Упругость — свойство тела или материала сопротивляться изменению его объема или формы под воздействием механического напряжения, обусловленное возрастанием внутренней его энергии.

Эластичность — способность тела или материала формировать при сравнительно небольших усилиях упругие обратимые деформации без его разрушения.

Плотность (жесткость) — сопротивление тела или материала вдавлению. Недостаток этой характеристики состоит в том, что твердость не является физической постоянной материалов и представляет собой сложное свойство, зависящее как от упругости и пластичности, так и от метода измерения.

К сожалению, на настоящий момент не существует единой методики, позволяющей объективно и детально охарактеризовать биомеханические свойства кожи *in vivo*. Поэтому все современные описания этих свойств во многом зависят от используемого метода измерения.

Отправной точкой для измерения механических свойств кожи является создание деформации с помощью фиксированной силы и последующий анализ степени (глубины) деформации, которая характеризует плотность (твердость) и упругость кожи, и характеристики возврата кожи в исходное состояние, что отражает эластичность.

Основные методы оценки механических свойств:

- Методы поперечной деформации:
 - баллистометрия (метод вдавливания);
 - кутометрия (метод всасывания).
- Методы продольной деформации:
 - тензометрия (метод растяжения);
 - торсиометрия/токметрия (метод кручения).

В ряде работ для исследования механических свойств кожи использовалась сдвиговая деформация, возникавшая при кручении. В основу методики в [6,7] положен принцип смещения кольцевого участка кожи, образованного двумя концентрическими окружностями. Участок в виде плоской кольцевой ленты ограничен неподвижной обложкой и способной к повороту внутренней втулкой. Обложка и втулка при замерах фиксируются клеящим веществом. При нагружении внутренней втулки постоянным крутящим моментом, она поворачивается на угол, который зависит от механических свойств кожи. Этот угол служил критерием для сопоставления механических свойств разных участков кожных поверхностей. Размеры кольца и величина момента были выбраны так, чтобы создавать поворот на 7° - 10° . Похожий метод был использован в [5,7]. Крутящий момент вызывал деформацию на 2° - 6° [7,8].

С помощью этого метода были оценены модуль Юнга, способность кожи к восстановлению деформации, вязко эластичные параметры, а также их изменения с возрастом.

Следует заметить, результаты измерений и методом кручения получают в относительных единицах.

Методы исследования механических свойств кожи путем исследования растяжения или кручения требуют жесткого крепления растягивающих или вращающих элементов приборов к коже человека. Такое крепление производится либо липкими лентами, либо клеями.

Следует отметить, что при обработке результатов измерения упругости кожи через измерение угла закручивания необходимо вводить поправочные коэффициенты учитывающие возраст, пол испытуемого и соблюдать методику проведения измерения.

Список литературы

1. Гусев В.Г., Мустафин Т.Н. Измерительные приборы для оценки физических свойств кожного покрова человека // Вестник Уфим. гос. авиац. техн. ун-та. Выпуск № 1. Том 13, 2009. – С. 197-192.
2. Короткий Н.Г., Наринская Н.М., Бельмер С.В. Кожные проявления патологии органов пищеварения // <http://www.lvrach.ru/2014/02/15435898>.
3. Кошевенко Ю.Н. Кожа человека: В 2-х томах. Том 1. Структура, физиология и предназначение функциональных элементов кожного органа человека. М.: Медицина, 2012. – 360 с.

4. Семенова Е.П., Тюрина М.М., Анализ современных методов исследования биомеханических свойств кожного покрова // Сборник научных трудов по итогам конференции «Новые технологии и проблемы технических наук» г. Красноярск – 2016.-выпуск III. – с.155-158
5. Тимофеев Г.А. Методы аппаратного исследования кожи человека // Журнал "Косметика и медицина", № 4, 2005г.
6. Яцун С.М. Диагностический комплекс для исследования упругости и эластичности кожи / Вестник новых медицинских технологий. – 2008. – Т. XV., №. С. 131-133.
7. Kajz T.M., Gartstein V. Review of the instrumental assessment of skin: Effect of cleansing products. J Soc Cosmet Chem 1991. July/August; 42: 249-271.
8. Hendriks F., Brokken M., Oomens D. Mechanical properties of different layers of human skin. Internet poster: [http:// www.mate.tue.nl/mate/pdfs/249.pdf](http://www.mate.tue.nl/mate/pdfs/249.pdf)

СЕКЦИЯ №15.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ СЕПАРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ЦЕМЕНТНОЙ МЕЛЬНИЦЫ

Бобров М.А., Тутаяев Г.М., Гераськин Е.В.

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», г. Саранск

Аннотация: в статье представлены результаты разработки новой структуры электропривода для модернизации существующих систем нерегулируемых или частично регулируемых систем приводов установок сепарирования цементного материала. Описаны процессы сепарирования цементного материала и показана структура высокопроизводительного сепаратора с регулируемым электроприводом на базе асинхронизированного вентильного двигателя.

Ключевые слова: сепараторная установка, контур управления скоростью, система управления электроприводом, машина двойного питания.

В настоящее время на фоне развития экономики и роста темпов строительства в Российской Федерации идет постоянное увеличение производственных мощностей цементных заводов. Основным направлением модернизации существующих производственных участков является внедрение интеллектуальных микропроцессорных систем управления и создание автоматизированных систем управления технологическими процессами, а также комплексное решение задач по автоматизации систем нерегулируемого или частично регулируемого электропривода, приводящего в движение различные устройства и механизмы.

Помольный цикл делится между несколькими группами технологического оборудования. Эти группы приводятся в действие или останавливаются в определенной последовательности согласно заранее определенному алгоритму. Между этими группами действуют системы блокировки. Это значит, что следующая группа должна приводиться в действие перед тем, как запускается предыдущая группа оборудования. Так пример, перед запуском дозирующей и питающей группы, мельница уже должна работать. Если произойдет сбой в одной из групп по ходу потока материала, то группы оборудования находящиеся перед ней должны быть немедленно остановлены путем аварийной остановки. Группы после мельницы по ходу потока могут работать в обычном режиме. Одним из наиболее важных звеньев в помольном цикле является устройство сепарирования цементного материала. Структурная схема системы сепарирования цементного материала представлена на рисунке 1.

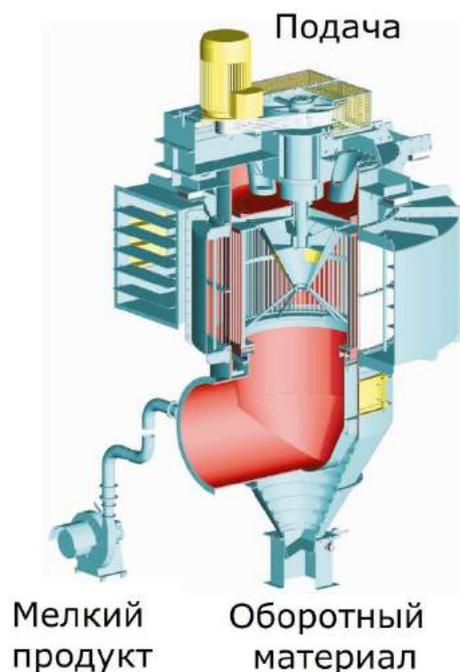


Рисунок 1 – Структурная схема системы сепарирования цементного материала

Материал подается через две трубки подачи на рассеивающую тарелку, для того, чтобы уже перед сепарированием достичь более равномерного разделения материала. Материал попадает в большую емкость – область рассеивания. Агломераты и большие частицы, к которым прилипают мелкие частицы, с силой ударяются о стенку. Таким образом, агломераты разделяются, мелкие частицы отделяются и рассеиваются в потоке воздуха. Из области рассеивания подаваемый материал сверху попадает в область сепарации, в которой он с высокой скоростью движется по кругу. Необходимый для сепарации воздух подается снаружи по касательной в область сепарации, где происходит разделение грубых и мелких частиц благодаря возникающему равновесию сил между центробежной силой и силой потока. Грубые частицы сильнее двигаются по направлению наружу, чем мелкие частицы. Поток воздуха, который по касательной заходит снаружи во вращающуюся корзину, создает силу потока на частицы. Благодаря этому потоком воздуха уносятся в основном мелкие частицы, в то время как грубые частицы из-за их большой центробежной силы не попадают во вращающуюся корзину. Только при достаточной окружной скорости и скорости потока воздуха может быть достигнуто оптимальное разделение при заданных размерах частиц. Грубые частицы падают через область сепарации в разгрузочный конус крупки. Мелкие частицы попадают с сепарирующим воздухом во вращающуюся корзину и выводятся через разгрузочную трубу. В дальнейшем процессе мелкие частицы должны быть отделены от транспортирующего воздуха. Это осуществляется с помощью фильтров или циклонов. Регулировка тонкости сепарирования конечного продукта осуществляется путем настройки скорости ротора:

- увеличение скорости ротора уменьшит количество грубомолотых частиц во фракции конечного продукта;
- уменьшение скорости ротора увеличит количество грубомолотых частиц во фракции конечного продукта.

Исходя из вышесказанного, становится очевидным, что основным требованием к электроприводу устройства сепарирования цементного материала является возможность широкого регулирования и поддержания заданной скорости вращения при различных значениях электромагнитного момента. Допускаемые отклонения скорости вращения ротора, определяемые количеством грубомолотых частиц во фракции продукта, обычно не должны превышать 5 %.

Существующая структура электропривода на базе машины двойного питания (МДП) с преобразователем частоты в цепи ротора не в полной мере удовлетворяет ряду технологических требований сепарирования:

- поддержание реактивной мощности статора на нулевом уровне обеспечивается за счет повышения потребления реактивного тока ротором. Это несколько снижает длительно допустимый момент на валу двигателя при условии ограничения тока ротора его номинальным значением. При низких частотах вращения вала машина имеет невысокий КПД, вследствие увеличения потерь в стали двигателя, так как в этом случае частоты токов статора и ротора остаются большими [1];

- вследствие прямого подключения обмотки статора к сети МДП работает практически с постоянным потокоцеплением статора, что в ряде режимов не позволяет обеспечить энергоэффективное управление;

- сложность измерения и индикации текущего значения скорости ротора ввиду использования серийного преобразователя частоты в цепи ротора, т.к. выходным параметром для настройки является значение частоты, а не угловой скорости ротора.

Для устранения ряда указанных выше недостатков была предложена структура регулируемого энергоэффективного электропривода на базе асинхронизированного вентильного двигателя (АВД) [2-4]. Данное техническое решение является рациональным при модернизации системы регулируемого электропривода установки сепарирования цементного материала ввиду отсутствия необходимости замены базового асинхронного двигателя с фазным ротором. Установка в цепь статора дополнительного преобразователя частоты приведёт к увеличению первоначальных затрат, однако позволит получить улучшенные энергетические характеристики привода, который становится многоканальным объектом управления [5]. Реализация частотно-зависимого принципа управления позволит облегчить тяжёлый пуск двигателя в установке сепарирования за счёт синхронизации по фазе ЭДС (тока). Применение двух преобразователей частоты в цепях ротора и статора обеспечивает простоту практической реализации наблюдателя скорости, инвариантного к изменению параметров базовой машины в процессе работы привода [6, 7]. Структурная схема электропривода на базе АВД для установки сепарирования цементного материала представлена на рисунке 2.

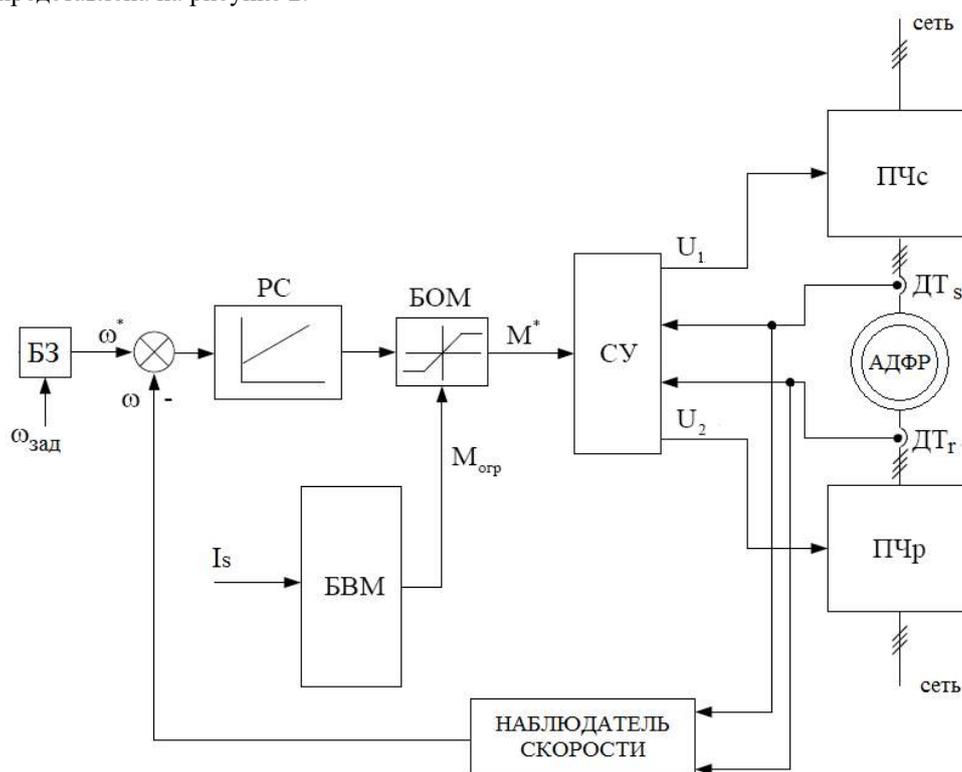


Рисунок 2 – Структурная схема электропривода на базе АВД для установки сепарирования цементного материала

Данная система регулируемого электропривода на базе АВД позволит осуществить бездатчиковое регулирование скорости ротора в широких диапазонах скоростей и изменяющимся электромагнитным моментом в зависимости от загрузки корзины цементным материалом. В данной структуре электропривод работает с номинальным потокоцеплением, однако при выполнении плановых мероприятий по обслуживанию установки сепарирования применяют длительные временные интервалы работы без загрузки

или с частичной загрузкой цементных материалов в корзину. Для таких режимов работы целесообразны энергоэффективные алгоритмы управления с ослаблением поля и применением наблюдателей магнитного потока в структуре системы управления [8, 9].

Для подтверждения предложенной концепции применения электропривода на базе АД в сепараторной установке была разработана имитационная модель в пакете MatLab. Моделирование произведено для режима сепарирования цементных материалов при номинальном потоке и загрузке корзины на 90% от максимального значения. В качестве базовой машины применялся серийный асинхронный двигатель с фазным ротором мощностью 4АНК280М8У3 ($P_n = 90$ кВт; $n_n = 720$ об/мин; $M_n = 1194$ Нм). Результаты моделирования представлены на рисунке 3.

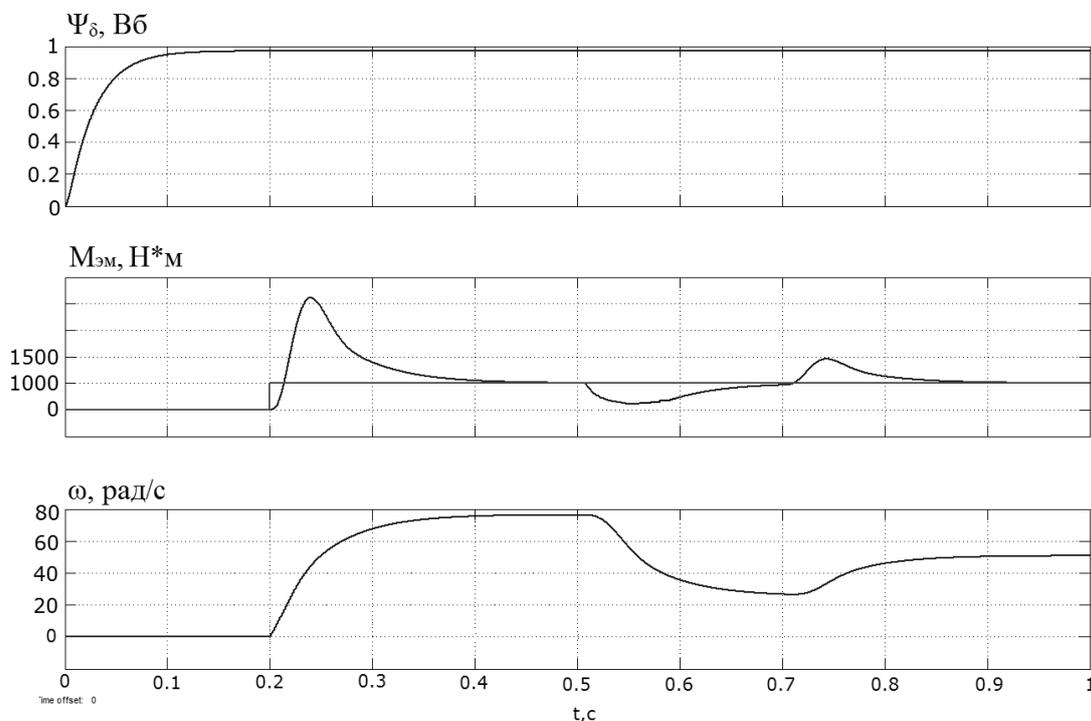


Рисунок 3 – Результаты моделирования работы электропривода на базе АД в установке сепарирования цементного материала

В интервале времени до 0.2 секунд происходит намагничивание машины по цепи ротора до номинального потока. Затем происходит разгон двигателя до скорости на 10% больше номинального значения при постоянном электромагнитном моменте. Т.к. требования к настройке тонкости сепарирования цементной пыли заключаются в регулировании скорости корзины и вентилятора, то сделаем скорость вала двигателя переменной величиной. Из рисунка 3 очевидно, что в системе управления электроприводом на базе АД является возможным регулирование скорости в широком диапазоне с поддержанием требуемого значения электромагнитного момента.

Структурная схема системы сепарирования с двумя силовыми преобразователями частоты и АДФР в качестве базовой электрической машины, работающего в режиме АД представлена на рисунке 4.

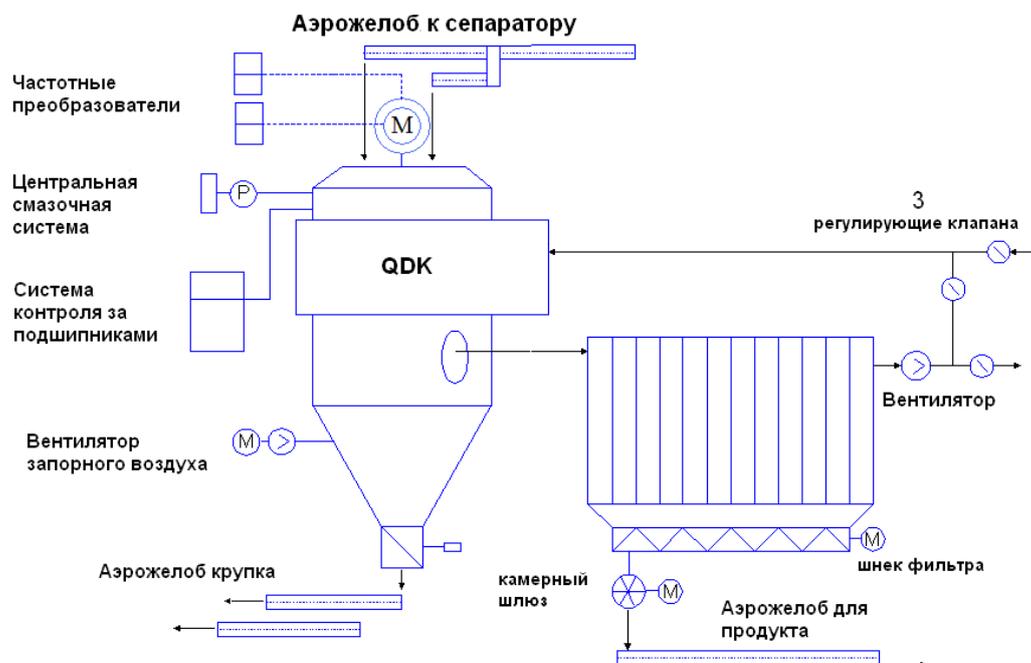


Рисунок 4 – Структурная схема системы сепарирования с двумя силовыми преобразователями частоты и АДФР

В результате выполненных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ был разработан автоматизированный регулируемый энергоэффективный электропривод сепаратора цементного материала на базе АД, отличающийся более высокими энергетическими и эксплуатационными характеристиками в отличие от ранее используемых приводов на базе МДП.

**Статья подготовлена как часть прикладных исследований в соответствии с соглашением о предоставлении субсидии № 14.574.21.0135 при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации. Уникальным идентификатором является RFMEFI57417X0135.*

Список литературы

1. Безденежных Д.В. Разработка и исследование электропривода на базе машины двойного питания с подключением обмоток статора и ротора к преобразователям частоты: дис. ... канд. техн. наук / Д.В. Безденежных. – Липецк, 2011. – 200 с.
2. Tutaev G.M. Energy-efficient control options of electric drive based on asynchronous converter-fed motor / G.M. Tutaev, A.V. Volkov, M.A. Bobrov // Труды XIII международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы электронного приборостроения». – 2016. – С. 88-93.
3. Тутаев Г.М. Исследование энергоэффективных режимов работы электропривода на базе асинхронизированного вентильного двигателя / Г.М. Тутаев, И.С. Юшков, М.А. Бобров // Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 68-72.
4. Тутаев Г.М. Оценка энергетических характеристик асинхронизированного вентильного двигателя при различных способах аппроксимации кривой намагничивания/ Г.М. Тутаев, М.А. Бобров, И.В. Гуляев // Электротехника. – 2017. – №6. – С. 2-6.
5. Тутаев Г.М. Асинхронизированный вентильный двигатель как многоканальный объект управления / Г.М. Тутаев // Электричество. – 2013. – № 10. – С. 48-51.
6. Gennady Tutaev, Maxim Bobrov. Rotor speed estimation in control system of electric drive based on induction inverter-fed motor, IX International Conference on Power Drives Systems (ICPDS), 2016. – P. 1-4.
7. Бобров М.А. Разработка бездатчиковой цифровой системы управления электроприводом на базе асинхронизированного вентильного двигателя/ М.А. Бобров, И.С. Юшков, Г.М. Тутаев, И.В. Гуляев // Вестник Южно-Уральского Государственного университета. Серия: Энергетика. – 2017. – Т.17. – №3. – С. 95-101.
8. Бобров М.А. Разработка наблюдателя основного магнитного потока для реализации бездатчиковых

принципов управления электроприводом на базе асинхронизированного вентильного двигателя / М.А. Бобров, Г.М. Тутаев // Актуальные вопросы науки и техники. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. – 2017. – 45 с.

9. Тутаев Г.М., Гуляев И.В., Бобров М.А., Волков А.В. Устройство для управления двигателем двойного питания. – Пат. 2625720 (РФ), зарегистрирован 18.07.17, бюл. № 20.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ЧАСТОТЫ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

Бутаков В.М., Гаязов Р.Р., Уржумцев П.С.

КГЭУ, РФ, г. Казань

Устойчивость является необходимым, но недостаточным условием работоспособности системы, поэтому наряду с оценкой устойчивости решается задача обеспечения требуемого качества процесса управления.

Анализ качества процесса управления сводится к расчёту показателей качества переходного процесса: быстродействия, колебательности и перерегулирования, а также к расчёту установившихся ошибок, определяющих точность работы системы [1,2].

Задача исследования состоит в оценке качества системы стабилизации частоты синхронного генератора (ССЧСГ), структурная схема динамической модели (ССДМ) которого показана на рис.1, в установившемся режиме.

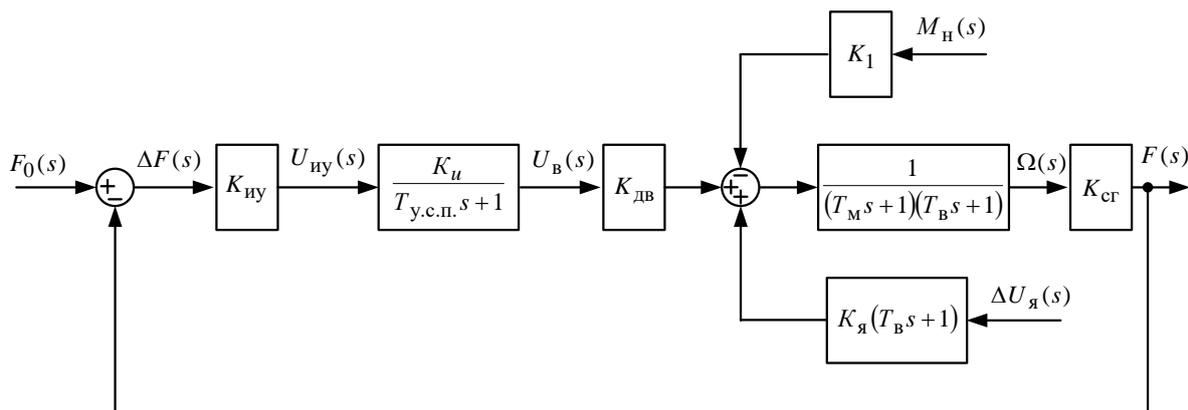


Рис. 1. ССДМ системы стабилизации частоты синхронного генератора

$K_{иу} = 5 \text{ В/Гц}$; $K_u = 4,22$; $T_{у.с.п.} = 0,0125 \text{ с}$; $K_{дв} = 1,706 \text{ рад/В}\cdot\text{с}$; $T_M = 0,4 \text{ с}$; $T_B = 0,02 \text{ с}$; $K_{сг} = 0,48 \text{ Гц}\cdot\text{с/рад}$; $K_1 = 10 \text{ 1/Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}$; $K_я = 227 \text{ рад/В}\cdot\text{с}$; $M_H = 0,2 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $f_0 = 500 \text{ Гц}$; $\Delta U_я = 2 \text{ В}$.

Согласно ССДМ ССЧСГ (см. рис.1) задающим воздействием является номинальное значение частоты f_0 , выходной координатой – фактическая частота синхронного генератора $f_{сг}$, а возмущающими воздействиями – отклонение напряжения на якоре $\Delta U_я$ и момент нагрузки M_H . Отклонение частоты от номинального значения $\Delta f = f_0 - f_{сг}$ является ошибкой системы.

Для определения выражения суммарной статической ошибки ССЧСГ вычисляются:

– статическая ошибка $\Delta f_{сг}^f$ относительно задающего воздействия f_0

$$\Delta f_{сг}^f = \lim_{s \rightarrow 0} s \Phi_{\Delta f}(s) \frac{f_0}{s} = \frac{f_0}{1 + K_{иу} K_u K_{дв} K_{сг}} = \frac{500}{1 + 5 \cdot 4,22 \cdot 1,706 \cdot 0,48} = 27,35 \text{ Гц};$$

– статическая ошибка $\Delta f_{сг}^M$ относительно возмущающего воздействия M_H

$$\Delta f_{CT}^M = \lim_{s \rightarrow 0} s \Phi_{\Delta f}^M(s) \frac{M_H}{s} = \frac{M_H K_1 K_{CT}}{1 + K_{ИУ} K_u K_{ДВ} K_{CT}} = \frac{0,2 \cdot 10 \cdot 0,48}{1 + 17,278} = 0,052 \text{ Гц};$$

– статическая ошибка $\Delta f_{CT}^{\Delta u}$ относительно возмущающего воздействия $\Delta U_{я}$

$$\Delta f_{CT}^{\Delta u} = \lim_{s \rightarrow 0} s \Phi_{\Delta f}^{\Delta u}(s) \frac{\Delta U_{я}}{s} = -\frac{\Delta U_{я} K_{я} K_{CT}}{1 + K_{ИУ} K_u K_{ДВ} K_{CT}} = -\frac{2 \cdot 227 \cdot 0,48}{1 + 17,278} = -11,92 \text{ Гц.}$$

Суммарная статическая ошибка ССЧСГ

$$\Delta f_{CT} = \frac{f_0}{1 + K_{ИУ} K_u K_{ДВ} K_{CT}} + \frac{M_H K_1 K_{CT}}{1 + K_{ИУ} K_u K_{ДВ} K_{CT}} - \frac{\Delta U_{я} K_{я} K_{CT}}{1 + K_{ИУ} K_u K_{ДВ} K_{CT}} = 15,48 \text{ Гц.}$$

Графики статических ошибок строились с применением системы MatLab Simulink. Для моделирования использована ССДМ ССЧСГ, представленная на рис. 2.

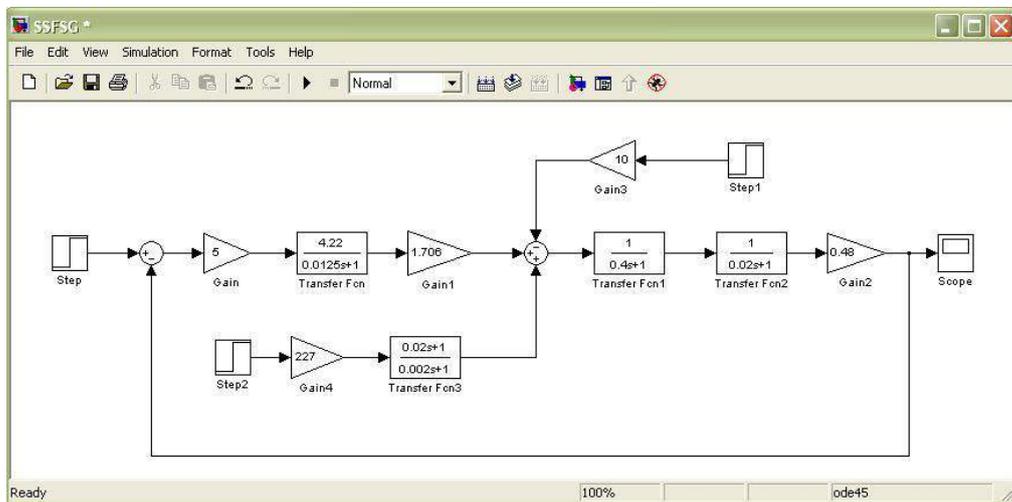


Рис. 2. ССДМ системы стабилизации частоты синхронного генератора

На вход системы подавалось задающее воздействие $f_0 = 500$ Гц. Полагая, что возмущающие воздействия M_H и $\Delta U_{я}$ равны нулю, получен график статической ошибки Δf_{CT}^f , представленный на рис. 3.

$$\Delta f_{CT}^f, \text{ Гц}$$

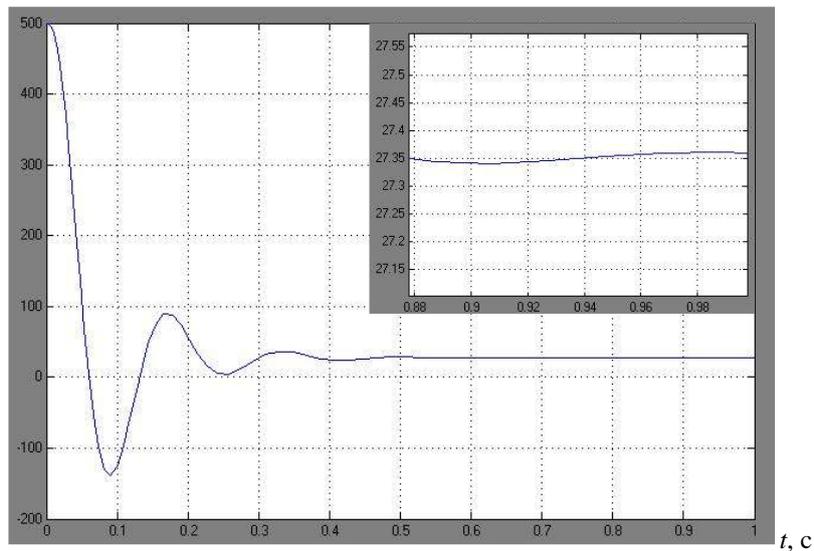


Рис. 3. График статической ошибки $\Delta f_{\text{СТ}}^f$ относительно задающего воздействия f_0

В правом верхнем углу рис. 3 показано в увеличенном виде значение статической ошибки $\Delta f_{\text{СТ}}^f = 27,35$ Гц.

Для получения графиков ошибок относительно возмущающих воздействий задающее воздействие принималось равным нулю и поочерёдно подавались на соответствующие входы $M_H = 0,2$ Н·м и $\Delta U_a = 2$ В. Результаты моделирования представлены на рис. 4 и рис. 5.

$$\Delta f_{\text{СТ}}^M, \text{ Гц}$$

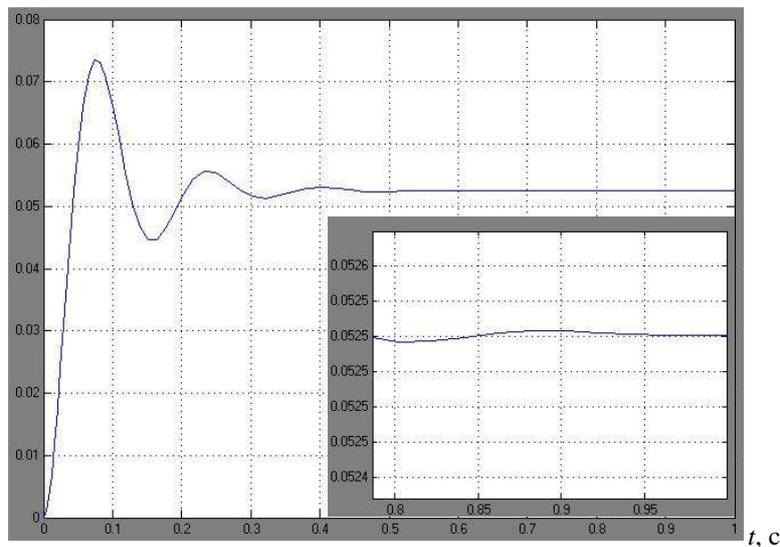


Рис. 4. График статической ошибки $\Delta f_{\text{СТ}}^M$ относительно возмущающего воздействия M_H

$$\Delta f_{\text{СТ}}^{\Delta u}, \text{ Гц}$$

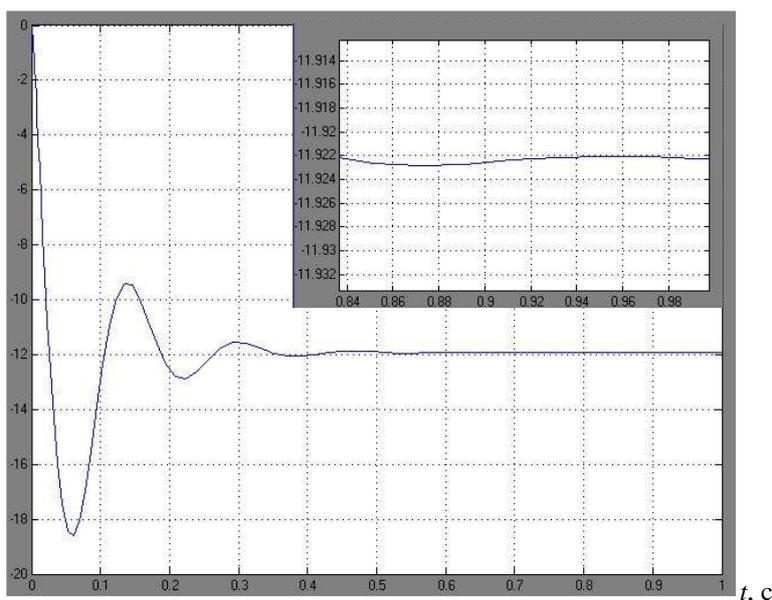


Рис. 5. График статической ошибки $\Delta f_{CT}^{\Delta u}$ относительно
возмущающего воздействия $\Delta U_{я}$

Из рис. 4, рис. 5 видно, что статические ошибки составляют $\Delta f_{CT}^M = 0,0525$ Гц и $\Delta f_{CT}^{\Delta u} = -11,92$ Гц соответственно.

На рис. 6 показан график ошибки при совместной подаче задающего f_0 и возмущающих воздействий M_n и $\Delta U_{я}$.

Δf_{CT} , Гц

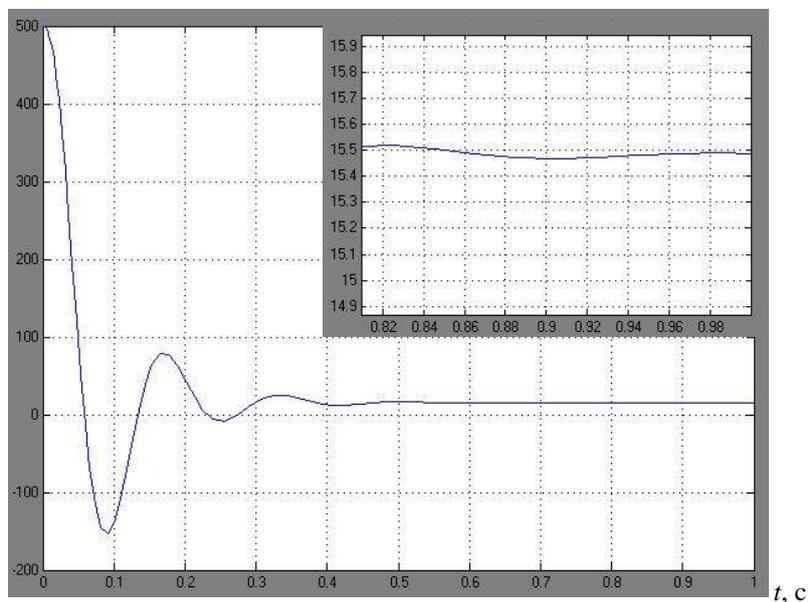


Рис. 6. График суммарной статической ошибки Δf_{CT}

Из графика следует, что суммарная статическая ошибка $\Delta f_{CT} = 15,5$ Гц. Таким образом, результаты моделирования подтверждают правильность расчётов. Также заметим, что значительное влияние на точность работы ССЧГ оказывают задающее воздействие и изменение напряжения на обмотке якоря. Воздействие момента нагрузки на суммарную составляющую ошибки незначительно и на точность работы системы влияния не оказывает.

Список литературы

1. Бутаков В.М., Гатин Б.Ф., Медведев Г.М. Основные этапы проектирования электроприводов // Развитие технических наук в современном мире: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 2. – Воронеж, 2015. – С. 180–183.
2. Бутаков В.М., Гатин Б.Ф., Медведев Г.М. Способы улучшения качества регулирования // Новые технологии и проблемы технических наук: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 3. – Красноярск, 2016. – С. 159–163.

СЕКЦИЯ №16.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РЕЗЕРВУАРАХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ МАЗУТА НА КОТЕЛЬНОЙ

Верещагин Д.В., Макарова Л.Г., Ширококов С.В.

Институт гражданской защиты
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск

По данным статистики, за последние 35 лет произошло 318 пожаров и аварий на резервуарах, 65 из которых связаны с частичным или полным их разрушением. Из этих пожаров более половины случаев квалифицировались как крупные или катастрофические, т. е. каждый десятый пожар на резервуаре связан с его разрушением. Наиболее частому разрушению подвергаются резервуары типа РВС-5000. За последние годы произошло 13 случаев, что составляет 20% разрушений резервуаров большой емкости от 10 тыс.м³ до 30 тыс.м³.

Исследование данных, связанных с разрушением резервуаров, показало, что наиболее опасным фактором пожара, возникающего при этом, является гидродинамическое истечение горячей жидкости, хранимой в резервуаре. Характер истечения и взаимодействия возникающей в этом случае волны прорыва с защитной стенкой или обвалованием таков, что в 49% случаев разрушений резервуаров поток разрушал или промывал обвалование, а в 29% перехлестывал через него. Это объясняется тем, что нормативное обвалование рассчитывается на гидростатическое удерживание вылившейся жидкости, и оно не способно выполнять защитные функции при гидродинамическом истечении.

Основная производственная база, которой сегодня располагает нефтеперерабатывающая промышленность, была создана в период с 1950 по 1990 годы, новых резервуарных парков строится очень мало. Поэтому тысячи нефтебаз, расположенных в городской черте, представляют собой постоянную экологическую и социальную угрозу.

Особенно бедственную картину представляет собой техническое состояние резервуарных парков хранения нефтепродуктов. Сверхнормативные сроки эксплуатации резервуаров, нарушения при строительстве нефтебаз, при монтаже автоматических систем пожаротушения и правил их эксплуатации в период реформирования экономики привели к тому, что резервуары в настоящее время часто являются миной замедленного действия для окружающей среды.

За последние годы существенно увеличилось количество эксплуатирующихся резервуаров при постоянном росте их единичного объема, в том числе непосредственно в черте городов и населенных пунктов. В связи с этим возникающие на резервуарах пожары и аварии все чаще имеют катастрофические последствия [71]. Нельзя не отметить и появившиеся в современном мире новые виды угроз безопасности. В последние годы нефтехранилища во всем мире стали объектами проявлений целенаправленного техногенного терроризма, недобросовестной конкуренции и мишенью в военных конфликтах.

Только в последнее время, в связи со строительством резервуаров большого объема и участвовавшими случаями их разрушений при очевидной неэффективности нормативной защиты, стали применяться как в нашей стране, так и за рубежом специальные защитные стены с отбойным козырьком из монолитного железобетона или резервуары с двойными стенками.

Анализ аварий и пожаров на объектах показал, что наиболее опасная ситуация возникает при мгновенном разрушении вертикального стального резервуара (РВС). Образующийся мощный поток жидкости – гидродинамическая волна – разрушает нормативное обвалование и выходит за пределы территории объекта, что часто приводит к катастрофическим последствиям. Площадь разлива нефтепродуктов достигает десятков и сотен гектар.

Применяемые в отечественной и мировой практике защитные сооружения в виде земляных обвалований или железобетонных стен рассчитываются только на гидростатическое давление вытекающего из поврежденного резервуара нефтепродукта. Такие преграды не удерживают поток жидкости, образующийся при внезапном полном разрушении резервуара, который движется по законам гидродинамики.

Таким образом, для повышения безопасности персонала предприятия и сооружений объектов, которые могут оказаться в зоне опасного воздействия гидродинамической волны и сопутствующих ей опасных факторов пожара, необходимо применять специальные инженерные защитные сооружения.

Одно из наиболее эффективных и экономически целесообразных защитных сооружений – защитная стена с отбойным козырьком, способная не только удержать волну прорыва и весь объем разлившейся жидкости при разрушении резервуара в заданных границах, но и свести к минимуму последствия гидродинамической аварии.

Параметрами, на основании которых производится проектирование ограждающей стены, являются ее высота и динамические нагрузки, возникающие при взаимодействии волны прорыва с ограждающей стеной.

Высоту ограждающей стены определяют по номограмме на основании расчетной схемы, приведенной на рис. 1. При определении оптимальной высоты стены исходят из особенностей планировочных решений резервуарного парка и необходимости устройства подслоного тушения в пространстве между ограждающей стеной и резервуаром.

Для наиболее неблагоприятного случая гидродинамического истечения конструкция ограждающей стены должна быть рассчитана на нагрузку, равную 150 тоннам на погонный метр.

Критерием эффективности защитного ограждения или системы преград является их способность воспринимать гидродинамические нагрузки волны прорыва (потока жидкости) и удерживать в заданных пределах весь объем вылившегося при разрушении РВС ЛВЖ или нефтепродукта. Одним из эффективных технических решений, способных предотвратить катастрофические последствия гидродинамической аварии на резервуаре, является защитная стена, имеющая отбойный козырек, который позволяет значительно уменьшить высоту ограждающей стены (рис. 1).

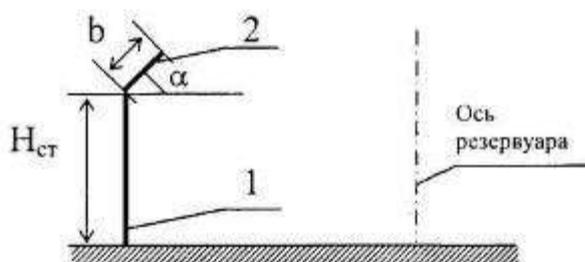


Рис. 1 Принципиальная схема защитной стенки с отбойным козырьком

Выбор оптимальных параметров элементов ограждающей стены (угла наклона волноотражающего козырька к горизонту α , его ширины b , высоты защитной стены $H_{ст}$), а также место ее установки относительно резервуара (резервуарного парка) производится с помощью следующей аппроксимационной зависимости:

$$\frac{H_{ст}}{H_p} = -0,0664 \cdot \frac{a_2^2}{\sqrt{a_3}} + 0,1967 \cdot \frac{1}{a_1^{1,5}} \sqrt{\frac{a_2}{a_3}} + 0,0371 \cdot \frac{a_1 \cdot a_2}{a_3},$$

где: $a_1 = f_1(\alpha)$, $a_2 = f_2(b/H_p)$, $a_3 = f_3(L/R)$ – переменные, зависящие от угла наклона отбойного козырька, его ширины и расстояния от преграды до стенки резервуара соответственно.

На рис. 2 показана принципиальная схема определения параметров защитной преграды.

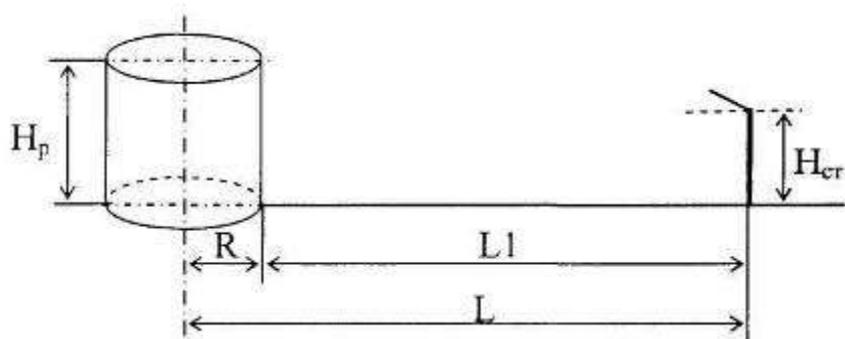


Рис. 2 Принципиальная схема к определению параметров защитной стены

Результаты многовариантных расчетов на ПЭВМ позволили определять оптимальную высоту защитной преграды, угол наклона и ширину отбойного козырька, необходимых для 100 % удержания потока жидкости (гидродинамической волны) в заданных границах замкнутого контура обвалования.

Так, для РВС-500 м³, наиболее оптимальные параметры защитной стены с отбойным козырьком на расстоянии 15 м от резервуара составят:

- высота рабочей части преграды: 3,34 м;
- длина вылета отбойного козырька: 0,9 м;
- угол наклона козырька: 45°.

На рис. 3 показан общий вид защитной стены.

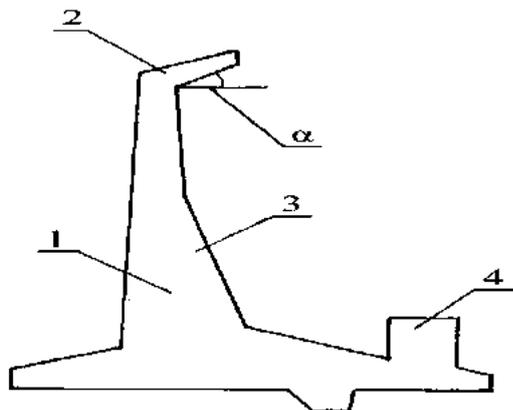


Рис. 3 Общий вид защитной стены с отбойным козырьком

1 – защитная стена, 2 – волноотражающий козырек, 3 – площадка отражения потока, 4 – основание преграды.

Предлагаемая в работе защитная стена с отбойным козырьком позволяет удержать весь объем мазута при разрушении резервуара в пределах обвалования, и тем самым, предотвратить разлив мазута на большую площадь. По периметру защитного обвалования, с целью тушения возможного пожара разлива, предполагается оборудовать автоматическую систему пенного пожаротушения, способную в течение 10 минут (условно), с момента возникновения пожара, полностью его ликвидировать. Кроме этого, с целью предотвращения проникновения нефтепродукта в грунт, между резервуаром (резервуарами) и защитной стеной устраивается непроницаемое покрытие из негорючих материалов.

Список литературы

1. Богач А.А., Муйземнек А.Ю., Швырков С.А. Определение гидродинамических нагрузок воздействия волны прорыва, образующейся при квазимгновенном разрушении вертикального стального резервуара (РВС), на ограждающую стенку // Сборник трудов Шестой конференции пользователей программного обеспечения CAD-FEM GmbH (Москва, 20-21 апреля 2006 г.). / Под ред. А.С. Шадского. – М.: Полигон-пресс, 2006. – С. 48-54.
2. Безбородова О. Е. Теория риска для управления качеством окружающей среды: учеб. пособие / О. Е. Безбородова. - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. - 96 с.

3. Швырков С.А. Статистика квазимгновенных разрушений резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов / С.А. Швырков, С.А. Горячев, В.П. Сорокоумов и др. // Пожаровзрывобезопасность. – 2007. – Т. 16. – № 6. – С. 48-52
4. Швырков С.А. Защита окружающей среды при разрушениях крупногабаритных резервуаров на морских нефтяных терминалах // Газовая промышленность. – 2008. – Вып. 619. – С. 34-37.

СЕКЦИЯ №17.

ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВАЛКОВЫХ ЛИСТОГИБОЧНЫХ МАШИН С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОМПЕНСАЦИИ ПРУЖИНЕНИЯ МАТЕРИАЛА

Коновалова О.М., Колчина Н.А.

Тольяттинский государственный университет

Современное состояние проектирования и выпуска оборудования для заготовительно-штамповочного производства, в том числе и ротационных гибочных машин (валковых листогибов, трубогибов, правильных машин для листа и профиля) характеризуется стремлением к обеспечению механизации операций загрузки, выгрузки, подачи материала, а также максимальному сокращению доли ручного труда на вспомогательных операциях при их обслуживании. Решение этих вопросов также отвечает требованиям условий труда и техники безопасности.

Значительное место в области заготовительно-штамповочного производства занимают универсальные валковые листогибочные машины. Оснащение этих машин средствами механизации загрузочно-выгрузочных операций, а также автоматическими контрольно-регулирующими устройствами (в том числе и системами программного управления) позволяет рассматривать валковые листогибы как оборудование, отвечающее современным требованиям, предъявляемым к машинам заготовительных цехов с большой номенклатурой изделий.

В силу ряда причин оснащение гибочных машин системами программного управления пока не нашло широкого распространения. К числу проблем, решение которых затруднительно при проектировании и изготовлении гибочных машин с программным управлением, необходимо отнести пружинение материала, большой диапазон допускаемых отклонений от величин, характеризующих пластические и упругие свойства материала, необходимость строгой ориентации материала, имеющего различные механические показатели после прокатки, относительно инструмента и ряд других.

В тоже время прогрессивное развитие авиационной, судостроительной, химической и нефтегазовой промышленности требует создания новых типов листогибочных машин, оснащенных средствами механизации, контрольно-измерительной аппаратурой, а в некоторых случаях и системами программного управления.

Оснащение универсальных листогибочных машин системами программного управления позволяет получить обечайки сложной конфигурации с высокой производительностью и точностью, обечайки с переменным радиусом кривизны. Наибольший эффект от использования гибочных машин с программным управлением ожидается в мелкосерийном производстве с частой переналадкой машины на новое изделие с использованием комплекса средств механизации. Необходимо также отметить относительно невысокую квалификацию оператора, требуемую при обслуживании машин с программным управлением.

Заготовительно-штамповочное производство располагает рядом листогибочных машин, обеспечивающих механизированную гибку листовых и профильных материалов.

Отечественным машиностроением выпущены и эксплуатируются в авиационной и судостроительной промышленности несколько типоразмеров трехвалковых копирующе-гибочных станков серии КГЛ. Станок предназначен для изготовления крупно-габаритных деталей постоянной и переменной кривизны незамкнутого контура путем перемещения траверсы с установленным на ней верхним валком по заданной программе, изменяющей расстояние между верхним гибочным и нижними опорными валками.

Промышленный исследовательский центр по химическому машиностроению (Дрезден, ГДР) предложил унифицированную агрегатную систему вспомогательных устройств, обеспечивающую работу на валковых листогибочных машинах без применения (или с частичным применением) ручного труда.

В числе устройств, обеспечивающих подачу, поддержку, прием листа и заготовки, представляет интерес установка для замера кривизны в процессе гибки, устанавливаемая на валковых листогибочных машинах серии UBBDA.

Оснащение валковых листогибочных машин подобными контрольными устройствами в сочетании с автоматизацией загрузочно-выгрузочных операций создает предпосылки для создания на их базе машин с программным управлением.

Фирмой "Fasti" предложена конструкция валковой листогибочной машины с программным управлением, тип RBM, предназначенной для изготовления обечаек различных конфигураций. Операции подачи, гибки листа и удаления готового изделия происходят в определенной циклической последовательности в автоматическом режиме "одиночный ход".

Машина снабжена кулачковыми устройствами, обеспечивающими управление линейным перемещением материала, а также положением гибочного вала, определяющего кривизну изделия. Фирма "Fasti" также выпускает листогибочные валковые машины с электронным программным управлением (тип RBHE). В зависимости от формы изделия время на обработку его (по сравнению с обычными машинами) сокращается в 3-10 раз и составляет 20-100 с.

Аналогичная листогибочная машина с программным управлением освоена фирмой "Haeusler".

Программное управление в этих машинах осуществляется с помощью копировальных устройств. Машина работает в автоматическом цикле в комплексе с загрузочно-выгрузочными устройствами.

При гибке обечаек сложного контура (коробчатых, многоугольных) используется следящее устройство, контролирующее заданную форму изделия.

В советское время был выпущен опытный образец 4-валковой листогибочной с программным управлением модели И2416П для листа 4x2000мм.

Машина предназначена для гибки замкнутых и незамкнутых обечаек постоянной кривизны и обечаек сложной конфигурации коробчатого сечения с радиусами на углах. Машина также обеспечивает двухстороннюю подгибку без перестановки листа.

Принцип работы машины заключается в обеспечении линейного перемещения листа при помощи двух валков, расположенных один над другим, и гибке его боковыми валками (гибочными) с предварительным замером пружинения материала листа электроконтактным методом и выдачей информации для коррекции положения гибочного вала.

Машина оснащена средствами механизации, упрощающими обслуживание, улучшающими условиями техники безопасности и повышающими производительность.

Работа машины осуществляется в автоматическом режиме и режиме "одиночный ход".

Программирование гибочных машин для листа и фасонного профиля, как известно, основано на обеспечении величин формообразующих параметров в процессе гибки и их регулировки. Степень автоматизации этого процесса является моментом, определяющим совершенство машины, ее уровень автоматизации, точность получаемого изделия и время, затрачиваемое на получение готового изделия.

Достижение поставленной задачи - получение радиуса кривизны изделия с учетом пружинения - требует наличия максимума данных о процессе гибки. В общем случае измерения и учету подвергается геометрические параметры изгибаемого изделия (углы, кривизна, линейные перемещения), параметров сечения (размеры сечения материала отклонения от геометрии формы сечения), силовые параметры (моменты, силы). Дополнительно вводятся данные о закономерности зависимости заданного радиуса от положения гибочного инструмента, требуемой точности изделия, точности и характере измерений.

Список литературы

1. С.С.Баврина, М.В.Солдатов - "Листогибочные станки КГЛ-КШП", 1959, № 7
2. Каталог фирмы "Fasti" (ФРГ), *Bechhearbeituhgs maschinen*, 1967
3. Валковые листогибочные машины с программным управлением. Эксперсс-информация "Технология и оборудование КШП", ВИНТИ, 1969, № 20

СЕКЦИЯ №18.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)

СЕКЦИЯ №19.

НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)

ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУР

Рахматуллин Б. А.

КНИТУ – КАИ, РФ, г. Казань

Сегодня особенно актуально стоит вопрос разработки новых подходов в нетрадиционной энергетике. Преобразование солнечной энергии в электрическую является одним из перспективных направлений в области создания альтернативной экологически чистой энергетике. Существуют различные виды солнечных батарей, доминирующее место среди которых в настоящее время все еще занимают устройства на основе кристаллического кремния – это, так называемое, первое поколение солнечных батарей. Кремниевые солнечные батареи известны уже более чем полвека. Наилучшие образцы таких солнечных батарей обладают эффективностью преобразования энергии около 25%. Однако стоимость таких батарей велика, что обусловлено жесткими требованиями к чистоте материала и чрезвычайно сложной технологией их производства. Второе поколение солнечных батарей связано с использованием аморфного или поликристаллического кремния, что позволяет снизить их стоимость за счет применения более дешевой технологии, однако при этом уменьшается и эффективность преобразования световой энергии в электрическую.

В настоящее время в США и Европе киловатт-час энергии, полученной от солнечных батарей, стоит около 30 центов. Это в 2–5 раз больше стоимости электроэнергии, получаемой от обычных традиционных источников (ТЭС или АЭС). Учитывая, что энергия сейчас становится стратегическим ресурсом, многие страны вкладывают значительные средства в создание собственных больших парков солнечных батарей. В настоящие дни большей актуальностью обладает задача разработки солнечных батарей третьего поколения, с оптимальным балансом между эффективностью и стоимостью. Один из путей решения этой проблемы связан с исследованиями и разработками органических солнечных батарей, которые представляют весьма привлекательную и, самое главное, дешевую альтернативу кремниевым батареям.

Согласно расчетам, стоимость киловатт-часа, производимого органическими батареями, может составить 1–2 цента. В качестве рабочих материалов в них используются смеси органических полупроводников p- и n - типов, которые хорошо растворимы в органических растворителях, что позволяет наносить их методом печати на гибкие полимерные подложки.

Ключевые параметры, определяющие эффективность солнечных батарей.

Принцип работы солнечной батареи основан на процессе разделения зарядов на границе раздела двух фаз электронодонорного и электроакцепторного материалов.

Процесс преобразования световой энергии в электрическую включает следующие основные стадии:

- 1) поглощение света активным слоем;
- 2) формирование электронно-дырочных пар или экситонов и их последующая диффузия к границе раздела донор/акцептор;
- 3) диссоциация экситона на дырку и электрон;
- 4) транспорт носителей заряда по соответствующим фазам к электродам.

Данные процессы определяют эффективность фотовольтаического устройства. На рис. 1. приведены типичные световая и темновая вольтамперные характеристики (ВАХ) фотовольтаического устройства. Поглощение кванта света приводит к образованию экситона, который, достигая границы раздела фаз, распадается на электрон и дырку. Накопление зарядов приводит к появлению разности потенциалов между электродами. При подключении нагрузки по внешней цепи начинает проходить электрический ток. При увеличении нагрузочного сопротивления потенциал ячейки изменяется от нуля (при коротком замыкании,

$R \rightarrow 0$) до потенциала открытой цепи U_{xx} . В то же время ток изменяется от максимального значения (ток короткого замыкания $I_{кз}$) до нуля. Таким образом, основными параметрами ВАХ, используемыми для характеристики солнечных батарей, являются ток короткого замыкания $I_{кз}$, напряжение холостого хода U_{xx} и фактор заполнения (ФЗ).

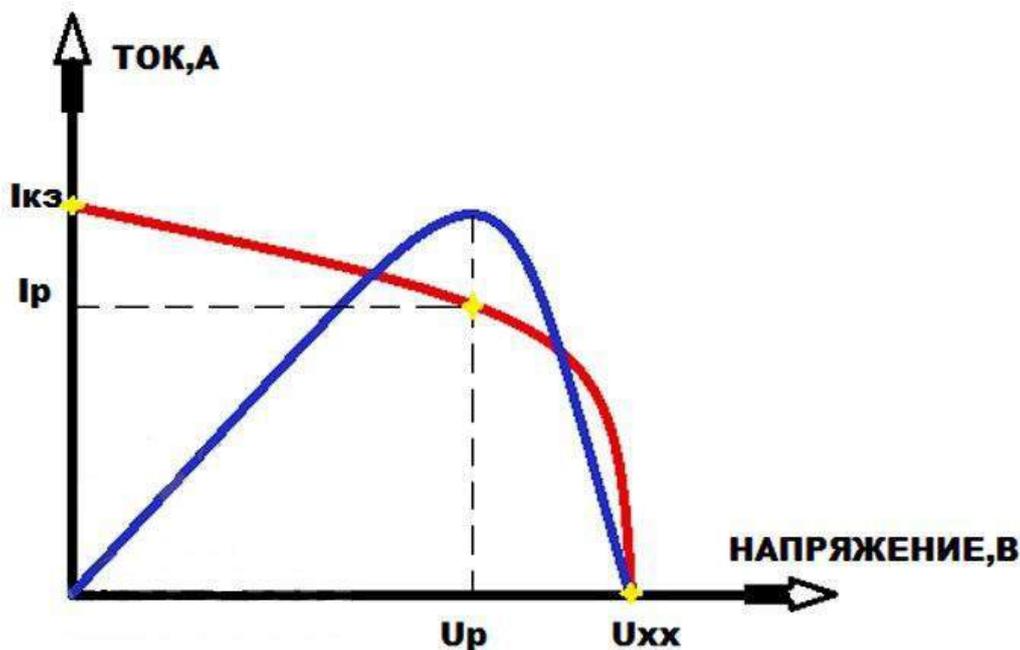


Рисунок 1. Типичная вольтамперная характеристика солнечной батареи.

Напряжение холостого хода U_{xx} определяется электронными свойствами материалов и электродов. Ток короткого замыкания (т.е. ток при нулевом смещении) это параметр, определяемый произведением плотности носителей заряда n , возникающих при освещении, подвижностью носителей μ , и электрическим полем E , действующем на носители заряда:

$$I_{кз} = en\mu E \quad (1)$$

$I_{кз}$ характеризует максимальное количество фотогенерированных носителей заряда, которые могут быть извлечены из солнечного элемента, и, следовательно, его значение зависит от спектра поглощения фотоактивного вещества солнечной батареи. В определенной точке ВАХ солнечный элемент вырабатывает максимальную мощность $P_{max} = I_{max} \cdot U_{max}$. Коэффициент или фактор заполнения (ФЗ) является показателем «идеальности» ВАХ и определяется как отношение максимальной мощности P_{max} к произведению напряжения холостого хода и тока короткого замыкания:

$$ФЗ = I_{max} \cdot U_{max} / I_{кз} \cdot U_{xx} \quad (2)$$

Наиболее важным параметром, характеризующим действие солнечной батареи, является **эффективность преобразования энергии** (η или PCE – power conversion efficiency), равная отношению максимальной мощности к мощности падающего света:

$$\eta = P_{max} / P_{in} = ФЗ \cdot I_{кз} \cdot U_{xx} / P_{in} \quad (3)$$

Другим важным параметром солнечной батареи является **внешний квантовый выход фотовольтаического устройства** EQE (External quantum efficiency), который в литературе принято также обозначать IPCE (Incident photon to current efficiency), равный отношению числа электронов, достигших электродов, к числу падающих фотонов:

$$IPCE(\lambda) = N_{электронов} / N_{фотонов} = I_{кз} / e \cdot P_{in} \quad (4)$$

где P_{in} это мощность падающего излучения на длине волны λ . Внешний квантовый выход равен 100%, если каждый падающий фотон создает электронно-дырочную пару, которая затем диссоциирует.

Для создания ФЭП могут быть использованы различные полупроводниковые наночастицы, например, CdSe, CdS, PbSe, PbS, Cu₂S, Cu(In,Ga)Se₂, Cu₂ZnSnS₄. Обычно коллоидный раствор полупроводниковых наночастиц наносится на токопроводящую подложку, например, на оксид индия-олова (ITO) в виде тонкого равномерного слоя, в котором концентрация частиц близка к концентрации плотной упаковки.

В качестве перспективных фотоактивных компонентов применяются полупроводниковые квантовые точки (КТ), уникальные электронные и оптические свойства которых открывают новые возможности физико-химического дизайна солнечных батарей. В частности, благодаря квантовому размерному эффекту изменяя размер КТ можно изменять ширину запрещенной зоны, что позволит оптимизировать поглощение солнечного излучения. Изменение размера также позволяет контролировать расположение энергетических уровней КТ по отношению к другим компонентам солнечных батарей и таким образом контролировать перенос заряда через границу раздела. Кроме того, КТ обладают высоким коэффициентом поглощения, высокой фотостабильностью, а также могут быть приготовлены в больших количествах.

Транспортные свойства слоев КТ. Поверхностная модификация КТ.

В активном слое солнечных батарей, как правило, квантовые точки используются в виде отдельной фазы или в виде консолидированных тонких слоев толщиной порядка 100–300 нм, электронно-транспортные свойства которых играют определяющую роль в достижении высокой эффективности преобразования световой энергии в электрическую. Транспорт заряда в таких слоях или фазах КТ осуществляется посредством различных механизмов, в числе которых резонансный перенос энергии, туннелирование электрона между соседними КТ, нерегулярная прыжковая проводимость (variable range hopping), когда расстояние, на которое осуществляется скачок заряда, является случайной величиной. Очевидно, что при любом механизме транспорта зарядов в консолидированных слоях КТ большую роль в процессах транспорта заряда играет расстояние между наночастицами в слое. КТ, синтезированные коллоидным методом, покрыты защитной оболочкой, состоящей из молекул ПАВ с длинной углеводородной цепочкой, предотвращающих их коагуляцию. Поэтому при создании различных фотовольтаических устройств важным шагом является замена исходных ПАВ на новые лиганды для уменьшения расстояния между КТ и, следовательно, улучшения транспорта заряда. Обычно для поверхностной модификации используются более короткие органические молекулы, которые содержат функциональные группы, имеющие сродство к поверхности КТ. На рис. 2 приведены структурные формулы наиболее часто используемых лигандов в солнечных батареях.

Увеличение подвижности носителей заряда при уменьшении расстояния между частицами было подтверждено экспериментально для пленок КТ PbSe, покрытых алкандитиолами с различной длиной углеводородной цепочки. Также были измерены подвижности электронов и дырок в слоях КТ, обработанных различными лигандами, при этом подвижности электронов лежат в диапазоне от $1 \cdot 10^{-4}$ см²/В·с до 0.5–1.2 см²/В·с, дырок – от $1.5 \cdot 10^{-3}$ см²/В·с до 0.12–0.18 см²/В·с. Наибольшие значения подвижностей получены для слоев КТ, обработанных гидразином (H₂N—NH₂). Было также показано, что при обработке гидразином КТ PbSe, покрытых олеиновой кислотой, проводимость слоев увеличивалась на 10 порядков. Следует отметить, что электропроводящие свойства слоев КТ зависят не только от подвижности зарядов, но и от концентрации свободных носителей заряда. Поверхностные лиганды могут приводить не только к уменьшению расстояния между частицами, т.е. к увеличению подвижности зарядов, но и к легированию слоев КТ, т.е. увеличению концентрации свободных носителей зарядов.

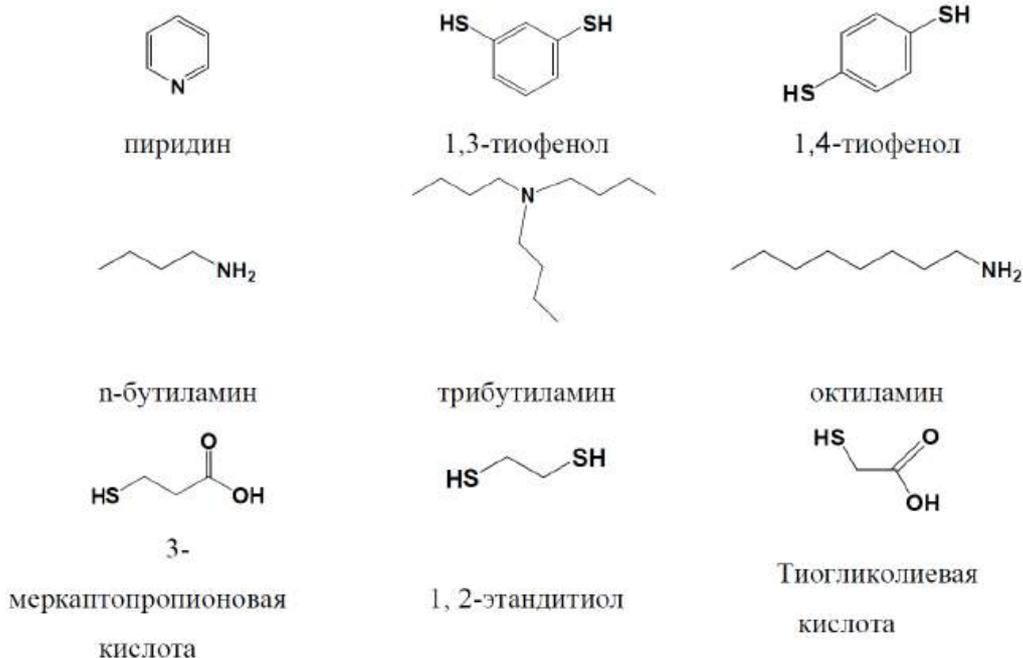


Рисунок 2. Лиганды, используемые для модификации поверхности КТ в солнечных батареях.

Тип и степень легирования являются важными параметрами, влияющими на функционирование фотовольтаических устройств. Успешное легирование слоев КТ объясняется формированием ловушек на их поверхности. Нескомпенсированные поверхностные атомы – катионы или анионы, захватывая свободные носители заряда, действуют эквивалентно донорам, если они захватывают дырки, или акцепторам, если захватывают электроны.

СЕКЦИЯ №20.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)

ФОРМИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ КУРСОВ

Давлеткиреева Л.З., Захарова Т.С., Макашова В.Н.

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

Аннотация: в статье рассмотрен подход применения индивидуальной траектории обучения студента в системе электронного обучения, который позволит самостоятельно определять нагрузку при прохождении того или иного курса. Данный подход был смоделирован и наглядно отражен в системе дистанционного образования со стороны обучающегося.

Ключевые слова: электронное обучение, обучающийся, индивидуальная траектория, моделирование, система электронного обучения, высшее учебное заведение.

В современных условиях одной из целей высшего образования является подготовка квалифицированного специалиста соответствующего уровня, конкурентоспособного на рынке труда, свободно владеющего своей профессией, обладающего социальной и профессиональной мобильностью. Для достижения поставленных целей ВУЗам необходимо представлять информацию в интерактивной форме, чтобы обеспечить высокую скорость работы с учебным материалом. Такой вид представления материала активизирует процесс познания, а также обеспечивает оперативную оценку уровня усвоенного учебного материала обучающимися. Таким образом, одной из актуальных задач высшего учебного заведения является адаптация традиционных учебно-методических комплексов в электронные образовательные курсы (рисунок 1)



- Объявления
- Посещаемость лекционных занятий
- Прогресс студента
- Социальные медиа (МООС)

Презентации к лекциям	Файлы: 7
Лабораторные работы, практические задания	Задания: 9 Папки: 1 Семинары: 1 Файлы: 1
Тестирование	Тесты: 4

Рисунок 1 Электронный образовательный курс

Последние несколько лет Россия интенсивно развивает концепцию электронного обучения. Согласно регламентирующим документам, электронное обучение является приоритетным направлением в развитии системы высшего образования России [2,3]:

– в Федеральном закон «Об образовании в Российской Федерации» (от 29.12.2012 N 273-ФЗ) статьи 13 и 79 гласят о реализации образовательных программ, в том числе с применением дистанционных образовательных технологий;

– в приказе Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки от 25 октября 2011 г. N 2267, в котором говорится о наличии возможности удаленного доступа всех обучающихся к фондам учебно-методической документации;

– в приказе Минобрнауки России от 19.11.2013 г. N 1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)», который представляет основные формы обучения между научно-педагогическим сотрудником и студентом в системе дистанционного образования;

– в приказе № 2 Министерства образования и науки Российской Федерации от 09.01.2014 «Об утверждении порядка применения организациями, осуществляющие образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» указаны правила реализации дистанционного обучения в высшей школе России.

Поддержка со стороны государства обеспечила резкий толчок в применении систем электронного обучения в профессиональном образовании. Согласно статистике [4] в 2010 году более 50% российских вузов сформировали учебные планы с возможностью удаленного обучения. За последние 5 лет эти показатели выросли, и доля образовательных учреждений, предлагающих образовательные услуги с применением технологий электронного обучения, увеличилась на 10%. Для эффективного использования такой формы обучения с позиции студента и научно-педагогического сотрудника, будет востребована индивидуальная траектория, учитывающая потребности, особенности учебной деятельности и уровень знаний обучающихся.

Под индивидуальной образовательной траекторией нужно понимать определенную последовательность элементов учебной деятельности каждого обучающегося по реализации собственных образовательных целей, соответствующую их способностям, возможностям, мотивации, интересам, осуществляемую при координирующей, организующей, консультирующей деятельности преподавателя.

Индивидуализация образовательного процесса заключается в обеспечении каждому обучающемуся права и возможности на формирование собственных образовательных целей и задач. Выбор, выстраивание и

реализация индивидуальной образовательной траектории позволяют студенту развить именно те качества личности, которые востребованы современным социумом.

На сегодняшний день на основе индивидуальных образовательных программ предоставляется доступ к системам электронного обучения. В рамках электронного курса, студенту предоставляется возможность построения индивидуальной траектории, которая подразумевает:

- Выбор типов и форм выполнения заданий (тест, лабораторная работа или кейс-задание).
- Выбор уровня сложности выполняемых заданий.
- Определение форм коммуникации с преподавателем и группой студентов (форум, личные сообщения, в рамках проекта или видеотрансляция).
- Контроль прогресса прохождения курса.
- Определение индивидуального графика прохождения курса в течение семестра.

Также формировать индивидуальную траекторию обучающиеся могут с помощью дополнительной работы по выбору, за которую студент заработает баллы равные или даже превышающие сумму итогового балла за весь курс.

Задания, обеспечивающие индивидуальную траекторию:

- индивидуальный проект;
- участие в конкурсах и олимпиадах;
- выступления на тематических конференциях;
- изучение дополнительного материала с помощью массовых открытых онлайн курсов.

В ходе работы в электронном образовательном курсе студент выполняет следующие действия:

1. Вход в систему дистанционного образования.
2. Выбор дисциплины для изучения.
3. Изучение каждого раздела курса.
4. Прохождение промежуточных заданий.
5. Выбор формы аттестации по курсу.
6. Выполнение и отправка аттестационной работы.
7. Получение результата по проделанной работе.

На рисунке 2 схематично представлен пример работы студента при выборе аттестационной работы по курсу.



Рисунок 2 Функциональная схема работы студента в системе электронного образования на примере отдельно взятой дисциплины

Успешность освоения дистанционного курса повышается за счет возможности выстраивания индивидуальной траектории с учетом личных предпочтений, возможностей и микроцелей отдельно взятого студента, а также это позволяет самостоятельно управлять учебным процессом: выбором темпа и форм обучения, дифференциацией обучения, а также наличием интерактивных заданий, которые могут быть представлены с применением средств геймификации, повышая наглядность, а, соответственно, и улучшая усвоение материалов курса.

Следовательно, применение такого подхода позволит студенту самостоятельно определять нагрузку при прохождении того или иного курса. Это будет способствовать росту эффективности обучения, а также повышению привлекательности данного типа образования. В ходе работы была построена функциональная модель, которая наглядно отражает применение индивидуального подхода в системе дистанционного образования со стороны обучающегося. Таким образом, разработанная модель может использоваться в качестве одного из подходов обучения студентов (бакалавров и магистров) в системе электронного образования высших учебных заведений.

Список литературы

1. Козлова Е.С. Обоснование выбора системы дистанционного обучения в высшем учебном заведении/Е.С. Козлова, М.А. Черкасов, В.Н. Макашова, Л.В. Курзаева//Сборник трудов II международной научно-практической конференции: Современные проблемы развития фундаментальных и прикладных наук.-2016.- С. 48-56.
2. Макашова В.Н. Опыт разработки и внедрения модуля «Электронный Деканат» в систему дистанционно обучения на основе LMS Moodle/В.Н. Макашова, В.Ю. Филимошин//Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. -2015. -Т. 3. -№ 1. -С. 67-74.
3. Объем мирового рынка онлайн-образования [Электронный ресурс] URL <https://rg.ru/2014/09/09/obrazovanie.html> (дата обращения 08.06.2016)
4. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) от 9 января 2014 г. N 2 г. Москва «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс] URL: <https://rg.ru/2014/04/16/obuchenie-dok.html>(дата обращения: 05.06.2016)
5. Трутнев А.Ю. Педагогические условия применения компьютерной технологии в процессе обучения студентов университета иностранному языку. Дисс. канд. пед. н. Магнитогорск: 2001. -194 с.
6. Трутнев А.Ю. Активизация речемыслительной деятельности при обучении иностранным языкам с использованием информационно-коммуникационных технологий/ Трутнев А.Ю., Макашова В.Н., Папкова Н.В./Успехи современной науки и образования . 2016. Т. 1. № 3. С. 69-74.
7. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 14.12.2015) «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс] URL:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/(дата обращения: 06.06.2016)
8. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения 08.06.2016)
9. Черкасов М.А. К вопросу о принятии решений по управлению качеством дистанционного образования на основе метода анализа иерархий/ М.А. Черкасов, Е.С. Козлова, Л.В. Курзаева, В.Н. Макашова//Успехи современной науки и образования. -2016.- Т. 1.- № 3.- С. 121-124.
10. Чусавитина Г.Н. Построение информационной образовательной среды вуза на основе методологии менеджмента непрерывности бизнеса/В.Н. Макашова//Новые информационные технологии в образовании. Российский государственный профессионально-педагогический университет. -2015. -С. 389-394.

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЕ «МОНТАЖ, НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ» ПРИ ПОМОЩИ ВИРТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СРЕДЫ «MOODLE»

Чебодаев А.В., Игнатъева Н.Е.

(Чебодаев А.В. - к.т.н., доцент, Игнатъева Н.Е. – магистр)

Красноярский государственный аграрный университет. Красноярск, Россия

Аннотация. В статье проводится анализ современного состояния дистанционного образования и использования данных технологий в обучении дисциплине «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования».

Ключевые слова: дистанционное образование, инновационные методы образования, Atutor, Claroline, Dokeos, LAMS, Moodle, OLAT, OpenACS., эксплуатация электрооборудования, электрооборудование.

DISTANCE LEARNING ON THE SUBJECT " INSTALLATION, COMMISSIONING AND OPERATION OF ELECTRICAL EQUIPMENT" USING THE VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENT "MOODLE"

Chebodaev A.V., Ignateva N.E.

Krasnoyarsk state agrarian University. Krasnoyarsk, Russia

Abstract: The article gives the analysis of the current state of distance education and the use of technology in teaching in the discipline "Installation, commissioning and operation electrical equipment".

Keywords: distance education, innovative education methods, Atutor, Claroline, Dokeos, LAMS, Moodle, OLAT, OpenACS., maintenance and repair, electrical products.

К основным тенденциям развития образования в мире можно отнести несколько тенденций:

- модернизации (с учетом национальных и региональных особенностей систем образования);
- информатизации образования;
- тенденцию инновационного образования.

Инновации в образовании проявляются, прежде всего, в существенных, качественных изменениях, которые предполагают обновление формы и содержания. Качество инновационности образования связано не только с дидактическим построением учебного процесса (прежде всего на исследовательской основе), но и с его социально значимыми результатами. В обществе, ориентированном на будущее, самым значимым являются знания [1].

Современный мир активно развивает технологии различного назначения, в том числе и информационные технологии в образовании. Данное направление играют все более существенное значение. Современный учебный процесс сложно представить без использования компьютерных технологий: учебников, задачников, тренажеров, лабораторных практикумов, справочников, энциклопедий, тестирующих и контролирующих систем [2].

Нашей целью выступает разработка электронного учебного методического комплекса в виртуальной обучающей среде «MOODLE» Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (модульная объектно-ориентированная динамическая обучающая среда). На примере дисциплины «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования» для обучения студентов высшего образования по направлению 35.03.06 «Агроинженерия».

В управлении информатизации и компьютерной безопасности (УИКБ) ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ создан отдел Дистанционных образовательных технологий, в задачи которого входит формирование системы обучения с применением электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ), их внедрение в учебный процесс для повышения качества образования и расширения

спектра образовательных услуг, предоставляемых Красноярским ГАУ и его филиалами.

В начале учебного 2013 года открыт портал системы дистанционного образования (СДО) «Moodle» Красноярский ГАУ, где представлены электронные образовательные ресурсы для студентов очной и заочной форм обучения.

Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования» в формате СДО «Moodle» состоит из 7 так называемых модулей (блоков) каждый из которых разделен на темы и под темы [3]. Часть модулей предлагается студенту для изучения в строго определённой последовательности. Такой вариант использования ЭУМКД «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования» позволяет составить алгоритм изучения тем и материалов, в том виде, как это видит преподаватель. Система позволяет настроить доступ как сразу ко всем материалам курса, так и в определенной последовательности, по мере того, как преподаватель будет читать лекции студентам. Последовательное изложение материала позволяет сформировать студенту четкое представление об изучаемом предмете.

ЭУМК по дисциплине «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования» в формате СДО «Moodle» состоит из 8 модулей [7]:

Модуль 1: «Общие вопросы монтажа и эксплуатации электрооборудования».

Модуль 2: «Правила и приемы выполнения электромонтажных работ».

Модуль 3: «Электрические аппараты низкого напряжения».

Модуль 4: «Монтаж силового электрооборудования и средств автоматизации».

Модуль 5: «Монтаж электрических проводок и осветительных установок»

Модуль 6: «Монтаж оборудования систем электроснабжения».

Модуль 7: «Правила и методы проверки, испытаний и приемки электроустановок в эксплуатацию. Техника безопасности».

Модуль 8: «Лабораторные работы»

Лекционный материал первых семи модулей представляется обучающемуся студенту последовательно.

В дистанционной системе образования «Moodle» преподаватель может авторизоваться под своим логином и паролем, зайти в систему и перейти в режим редактирования ЭУМК, или для просмотра деятельности и хода изучения студентами материала по дисциплине.

Система СДО «Moodle» во вкладке «Отчеты» ведет статистику посещений, так например, во вкладке «Журнал событий», отмечается активность посетителей курса, что позволяет преподавателю отследить каждого студента – когда и во сколько заходил в систему, какое время находился в системе, что конкретно изучал и какие оценки получил в ходе выполнения тестовых заданий. Во вкладке «Отчёт о деятельности», отображается, какие разделы курса просматривались и сколько раз. Во вкладке «Участие в курсе» можно просмотреть сколько раз конкретный студент обращался к интересующему разделу. Во вкладке «Статистика» можно просмотреть наглядно, в виде графика интенсивность обращения к курсу за интересующий период.

В СДО «Moodle» заложены очень большие возможности для создания тестовых заданий. Такие задания можно сформировать различным образом. При формировании тестового задания учитываются такие параметры как: «Синхронизация» - позволяет настроить доступ студенту к тесту по дате и времени; «Оценка» - позволяет настроить количество попыток, проходной балл и метод оценивания; «Расположение» - позволяет задать количество тестовых заданий отображаемых на одной странице и способ навигации – свободный или последовательный; «Свойства вопроса» - случайный порядок ответов или нет, а также режим поведения вопросов – когда можно настроить так, чтобы, студенты, ответив на каждый вопрос, сразу получают отзыв и, если они с первого раза ответили неверно, то сразу получают право на повторную попытку с возможностью получения меньшей оценки.

В конце каждого модуля содержатся контрольные вопросы и тестовые задания для самоконтроля. Проходя данное тестирование, студент может видеть результаты своих ответов, таким образом, подготавливаясь к итоговому тестированию (на зачет или экзамен) по дисциплине.

В режиме редактирования преподаватель может изменять количество разделов (модулей), их название и содержимое (рисунок 1). В любое время может добавлять новую информацию в виде элементов курса (рисунок 2).

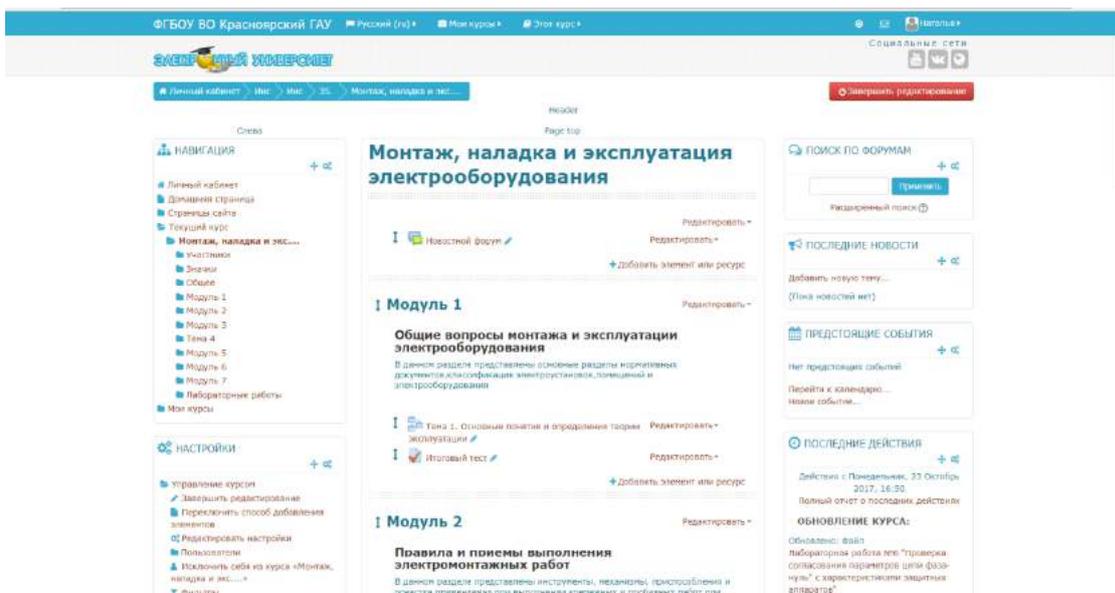


Рисунок 1- Режим редактирования курса

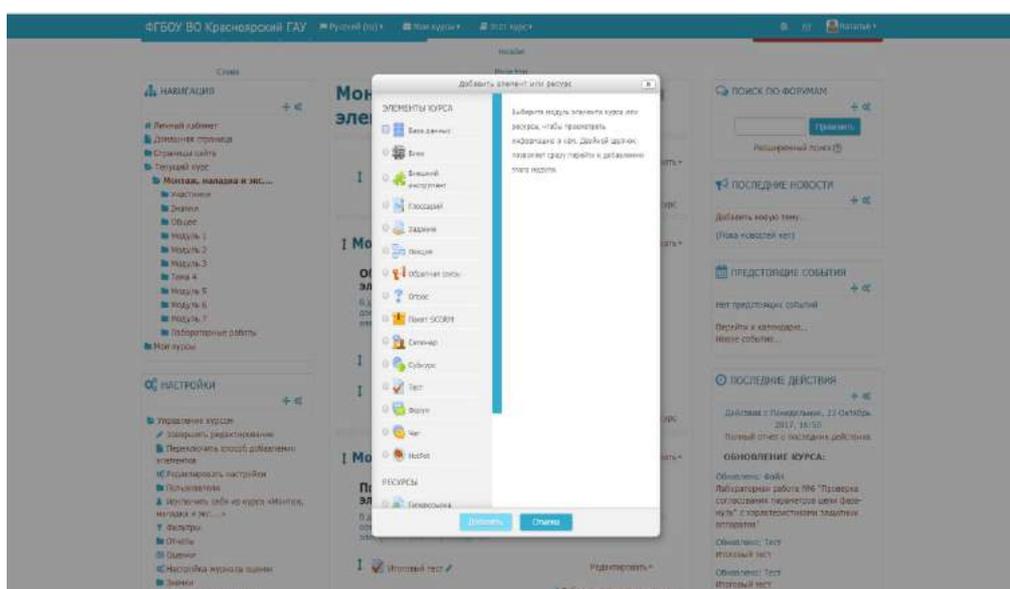


Рисунок 2- Режим редактирования: добавление элемента или ресурса в раздел (модуль)

Для работы в системе «Moodle» Электронный университет Красноярский ГАУ, студент получает логин и пароль, которые выдаются при поступлении в ВУЗ. При первом входе в систему «Moodle» студенту необходимо авторизоваться и зайти в свой личный кабинет, в котором он может настроить свой профиль. В последующем студент может изучать открытые для него дисциплины, отображаемые в его личном кабинете.

Авторизовавшись и войдя в дистанционно образовательную систему, студент (гость) попадает в основное меню, где его вниманию представлены семь модулей для изучения материала по дисциплине «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования»

Семь модулей представляют собой лекционный материал и материал для самостоятельного обучения, в восьмом модуле представленный лабораторные работы с контрольными вопросами и тестовыми заданиями [7].

Модули, содержащие в себе лекционные материалы, разделяются на темы и под темы [7].

Для закрепления и проверки знаний изученного теоретического материала, студенту предлагается выполнить ряд лабораторных работ, представленных в восьмом модуле. В лабораторных работах представлены схемы лабораторных стендов и установок, описания, принцип работы и схемы подключения измерительных приборов к электроустановкам и электрооборудованию, как лабораторному, так и оборудования сельскохозяйственного производства.

Все лабораторные работы выполняются в специализированной электрической лаборатории

«Эксплуатации электрооборудования» кафедры «Электроснабжения сельского хозяйства», но при этом студент имеет возможность подготовиться к лабораторным занятиям как заранее, так и на лабораторном занятии используя ноутбук, планшет или смартфон с выходом в интернет [7].

После изучения всего материала по дисциплине, студент должен пройти итоговый тест, для оценивания своих знаний. Тест может быть настроен таким образом, что откроется для прохождения в день экзамена. Тест по дисциплине «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования», состоит из 20 вопросов и на его прохождение дается 3 попытки, продолжительностью не более 30 минут на каждую из попыток (рисунок 3). После каждой пройденной попытки студент получает результат (рисунок 4), в случае неудовлетворительного оценивания, студенту предлагается следующая попытка или повторение пройденного материала. Оценивание по дисциплине происходит по высшему балу одной из трех попыток.

Изучив все модули и темы, пройдя все тесты и лабораторные работы на положительные оценки, студенту будет предложено пройти итоговую аттестационную работу по всей дисциплине, либо итоговое тестирование, либо написание курсового проекта. Пройдя, итоговое задание, студент получает средний бал, который включает в себя оценивание за каждый модуль и каждую тему из него [7].

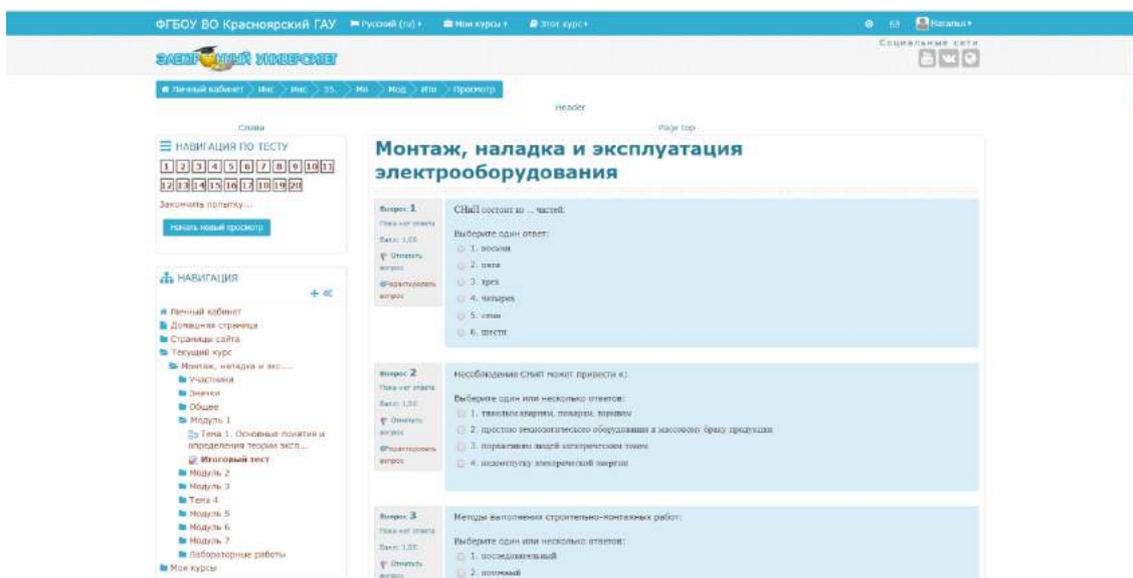


Рисунок 3- Итоговый тест по дисциплине «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования»

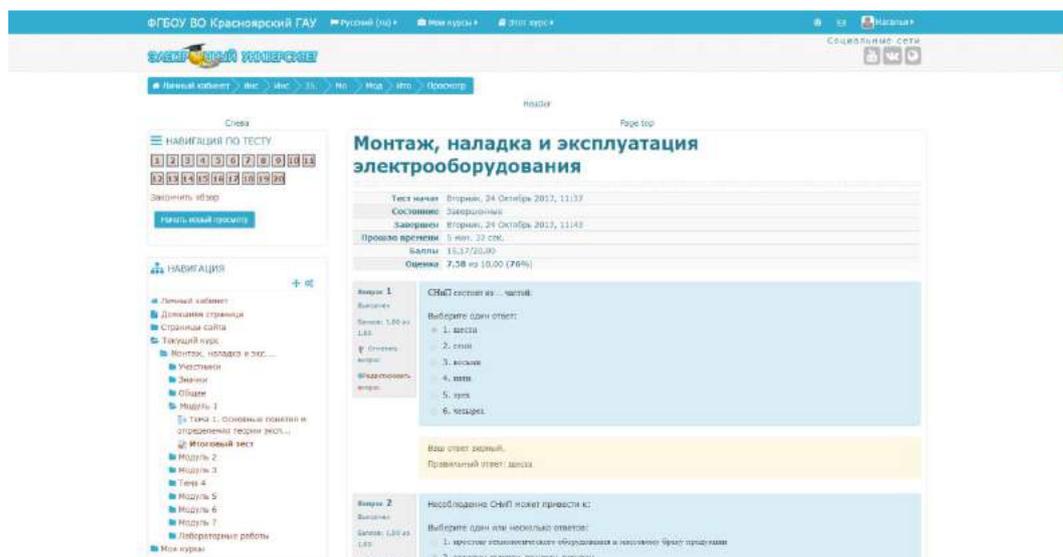


Рисунок 4- Результат выполнения итогового тестирования.

Современный учебный процесс сложно представить без использования компьютерных технологий: учебников, задачников, тренажеров, лабораторных практикумов, справочников, энциклопедий, тестирующих и контролирующих систем. Часто в качестве поддержки очного и заочного, в качестве основы

дистанционного обучения используются информационные системы образовательного назначения. [3]

Использование СДО «Moodle» в образовательном процессе – удобно, практично и эффективно, особенно для студентов заочной формы образования, которые не имеют возможности посещать занятия из-за рабочей деятельности. Благодаря СДО «Moodle», студент в свободное время может приступить к изучению дисциплины и выйти на сессию, с более углубленными знаниями. А студенты очной формы обучения, благодаря системам дистанционного образования имеют возможность, также как и студенты заочной формы обучения, в случае необходимости войти в комплекс и повторить пройденный материал.

Список литературы / References

- 1) **Айснер Л.Ю., Терешонок Т.В., Богдан О.В.** Теоретические и методологические основы профессионального обучения // Компетентностный подход в образовании: коллективная монография. – Ульяновск: Зебра, 2016. – С.42-56.
- 2) Технология дистанционного образования образования [Информационный ресурс] Url: <http://inostudent.ru/obrazovanie/tehnologiya-distancionnogo-obrazovaniya.html> (дата обращения 17.02.2016 г.)
- 3) **А.В. Писарев** «Возможности образовательной платформы Moodle в обучении информационным технологиям» // Вестник ВолГУ. Серия 6. Вып. 13. 2011–2012 - С.71-74.
- 4) **Захарова, И. Г.** Информационные технологии в образовании / И. Г. Захарова. – М.: Академия, 2003. – 192 с.
- 5) **Никифоров, О.Ю.** Анализ подсистемы тестирования СДО Moodle / О.Ю. Никифоров // Информационные технологии в науке и образовании : материалы Междунар. науч.-практ. интернет-конф., 13–20 мая. – Шахты : Изд-во ЮРГУЭС, 2008. – 238 с.
- 6) Открытые технологии [Электронный ресурс] Url: http://www.opentechnology.ru/info/moodle_about.mtd
- 7) ФГБОУ ВО «Красноярский ГАУ» ЭУМК «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования» [Электронный университет] Url: <http://e.kgau.ru/course/search.php?search>

СЕКЦИЯ №21.

МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08)

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РЕШЕНИЯ МНОГОУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ КОНТЕЙНЕРОВОЗА

Артюшина Т.Г.

к.т.н., доцент кафедры “Высшая математика”

Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, г. Москва

При проектировании судов используются математические модели, отличающихся высокой степенью детализации. Как правило, эти математические модели представляют собой сложную многоуровневую систему. Для анализа и исследования систем данного типа использовался математический аппарат нечетких множеств. В работах [1,2] приведена оптимизация модели типа судно на примере контейнеровоза с применением математического аппарата нечетких множеств. Техническое задание включает следующие параметры: полезную грузоподъемность, удельную вместимость, полную скорость хода, дальность плавания, автономность по запасам, численность экипажа, число винтов, коэффициент развитости надстроек. Кроме того, заданы параметры, определяющие экономическую эффективность: длина линии эксплуатации, а также стоимости: 1 тонны металлического корпуса, 1 тонны оборудования корпуса, 1 тонны топлива:

Наименование параметра	Значение
Заданная полезная грузоподъемность, тонны	5000
Удельная погрузочная кубатура, м ³ /тонну	1.3
Скорость хода, узлы	11
Дальность плавания, мили	3500
Автономность, сутки	20
Численность экипажа, человек	25
Стоимость 1 т металлического корпуса, у.е.	300
Стоимость 1 т оборудования корпуса, у.е.	600
Коэффициент развитости надстройки	0.15
Длина линии эксплуатации, мили	1000
Число винтов	1
Минимально допустимое значение относительной поперечной метацентрической высоты	0.02
Минимально допустимый период собственных колебаний судна в секунду	12

Для системы в целом и каждой подсистемы определены функциональные ограничения, оптимизируемые переменные и критерии оптимизации. Использование теории нечетких множеств позволяет поставить всем решениям частичной оптимизации подсистемы «оценку», характеризующую его принадлежность к подмножеству эффективных и допустимых решений. При этом оценка «Хорошее решение» присваивается, если решение отличается от оптимального решения частичной оптимизации не более чем на 5%, «удовлетворительное решение» - если решение отличается от оптимального не более чем на 15%, остальные решения получают статус «Плохих решений» (на отрезке от 0 до 1 число «0» соответствует оценке «плохое решение», число «1» соответствует «оптимальное решение»). Таким образом, к решению глобальной задачи (оптимизации системы в целом) мы подходим, имея множество эффективных и согласованных решений задач частичной оптимизации подсистем нижнего уровня. Результаты расчета и оценка вариантов для контейнеровоза по вышеуказанному техническому заданию приведены в [1]. Ниже приведена сокращенная таблица результатов расчета. Выделены оценки, которые получили приведенные варианты при частичной оптимизации подсистем, приведены значения переменных для тех подсистем, в результате оптимизации которых не удалось получить одинаково хорошие результаты оптимизации. Оптимальным признан вариант №5. С полной таблицей результатов расчета и анализом результатов можно познакомиться в [1]. Здесь мы приведем основной вывод, сделанный в [1]: *самое интересное в полученных результатах то, что оптимизируемая на высшем уровне функция стоимости Корабля в целом для наилучшего с точки зрения оптимизации подсистем варианта 1 (все подсистемы оптимизированы практически оптимальным образом) не является лучшей среди представленных вариантов.* Это легко объяснимо, так как Грузовые устройства, к примеру, оптимизировались по времени погрузки/разгрузки, и экономия при эксплуатации более мощного оборудования не компенсировала его повышенной первоначальной стоимости при заданных условиях.

Параметр \ Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Оценка варианта по критерию оптимизации рулевого устройства	хор.						
Оценка варианта по критерию оптимизации гидродинамического комплекса	хор.						
Оценка варианта по критерию оптимизации корпуса	хор.						
Оценка варианта по критерию оптимизации энергетической установки	хор.						
Число кранов	9	10	10	8	9	9	9
Грузоподъемность кранов	40	20	20	40	20	20	20

Параметр \ Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Оценка варианта по критерию оптимизации грузового устройства	оптим. (1)	хор. (0.97)	хор. (0.97)	удовл. (0.88)	удовл. (0.88)	удовл. (0.88)	удовл. (0.88)
Мощность генераторов	1000	1000	760	1000	1000	500	760
Количество генераторов на ходу	1	1	2	1	1	2	2
Количество генераторов на стоянке	2	2	2	2	2	3	2
Оценка варианта по критерию оптимизации электроэнергетической системы	хор.	хор.	удовл.	хор.	хор.	хор.	удовл.
Полезная грузоподъемность корабля	6508	6700	6695	6576	6742	6738	6737
Стоимость корабля (Z – целевая функция системы в целом)	7619995	6236707	6255787	6741901	5724048	5738088	5743127
Оценка варианта по критерию Корабль в целом	удовл.	хор.	хор.	удовл.	оптим.	хор.	хор.

Ниже приведено исследование устойчивости решения оптимизационной задачи модели типа судно при использовании математического аппарата теории нечетких множеств. Анализ моделей на устойчивость проводится после получения оптимального решения задачи, которое приведено в таблице (вариант №5). В рамках такого анализа выявляется устойчивость оптимального решения к определенным изменениям исходной модели. Очевидно, что устойчивость является положительным свойством модели. Однако если изменение входных воздействий или параметров модели (в некотором заданном диапазоне) не отражается на значениях выходных параметров, то польза от такой модели невелика (ее можно назвать «бесчувственной»). В связи с этим возникает также задача оценки чувствительности модели к изменению параметров рабочей нагрузки и внутренних параметров самой системы. Для исследования устойчивости решения относительно изменения заданных в техническом задании параметров было проведено исследование влияния скорости, являющейся элементом технического задания на проектирование, на компоненты вектора оптимизируемых переменных. Было создано 4 новых технических задания, все параметры которых, кроме скорости, остались неизменными. Требуемая скорость менялась от 9 до 13 узлов. Также неизменными были оптимизируемые переменные как самого судна, так и его подсистем. Для каждого варианта технического задания был проведен поиск оптимального варианта. Полученные варианты сравнивались с оптимальным вариантом первоначального технического задания. Результаты расчетов и значения основных оптимизируемых переменных системы в целом приведены в таблице ниже. Целевая функция системы - совокупная стоимость Z , приведена для каждого варианта нормированной по отношению к стоимости оптимального варианта первоначального технического задания ($V=11$ узлов). Исследование устойчивости решения проводилось относительно основных (по отношению к кораблю в целом) оптимизируемых переменных, так как влияние оптимизируемых переменных частных подсистем оказывает меньшее влияние на целевую функцию системы в целом.

V , узлы	L , м	B , м	T , м	H , м	$Z/Z_{\text{опт}}$
9	113	15,9	7	8,5	0,851
10	115,5	15,9	7	8,2	0,953
11	117	15,9	7	8	1
12	121,3	15,9	7	8	1,096
13	122,8	15,9	7	8,2	1,161

Как видно из приведенной таблицы, две оптимизируемые переменные (T – осадка и B – ширина судна) получились одинаковыми для каждого технического задания (не зависят от изменения скорости). Таким образом, имеет смысл исследовать устойчивость решения относительно влияния скорости на длину

судна и высоту борта судна. Отнормируем приведенную выше таблицу относительно соответствующих значений оптимизируемых переменных оптимального вариант исходного технического задания ($V=11$ узлов):

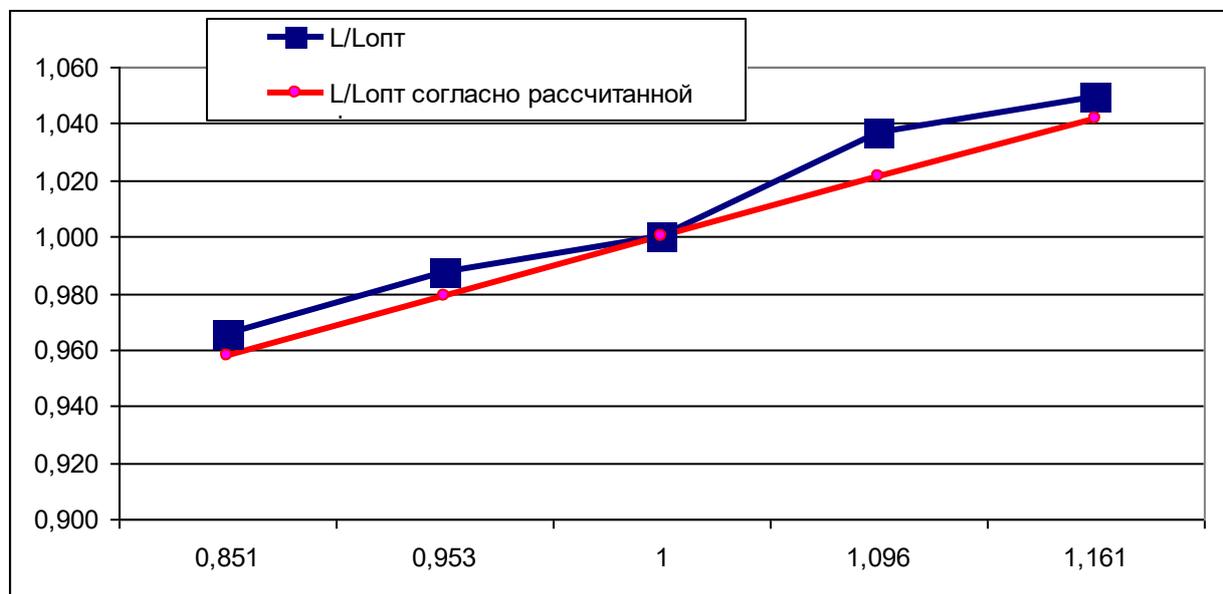
V, узлы (x)	L, м	L/Loпт	H, м	H/Нопт	Z/Zопт
9	113	0,966	8,5	1	0,851
10	115,5	0,987	8,2	1,025	0,953
11	117	1	8	1	1
12	121,3	1,037	8	1	1,096
13	122,8	1,050	8,2	1,025	1,161

Рассмотрим влияние скорости в техническом задании на оптимизируемую переменную L. Можно построить линейное приближение функции влияния скорости на оптимизируемую переменную L:

$$L/L_{\text{опт}} = 1 + (1,05-0,966)/4*\Delta x = 1 + 0,021*\Delta x;$$

$$L = 117 + 2,457*\Delta x$$

Данное уравнение можно рассматривать как характеристику устойчивости длины судна оптимального решения по параметру скорости. График зависимости влияния скорости на полученную в результате оптимизации и рассчитанную согласно указанной функции нормированную длину судна приведен ниже (по оси x – соответствующее значение отнормированной целевой функции системы).

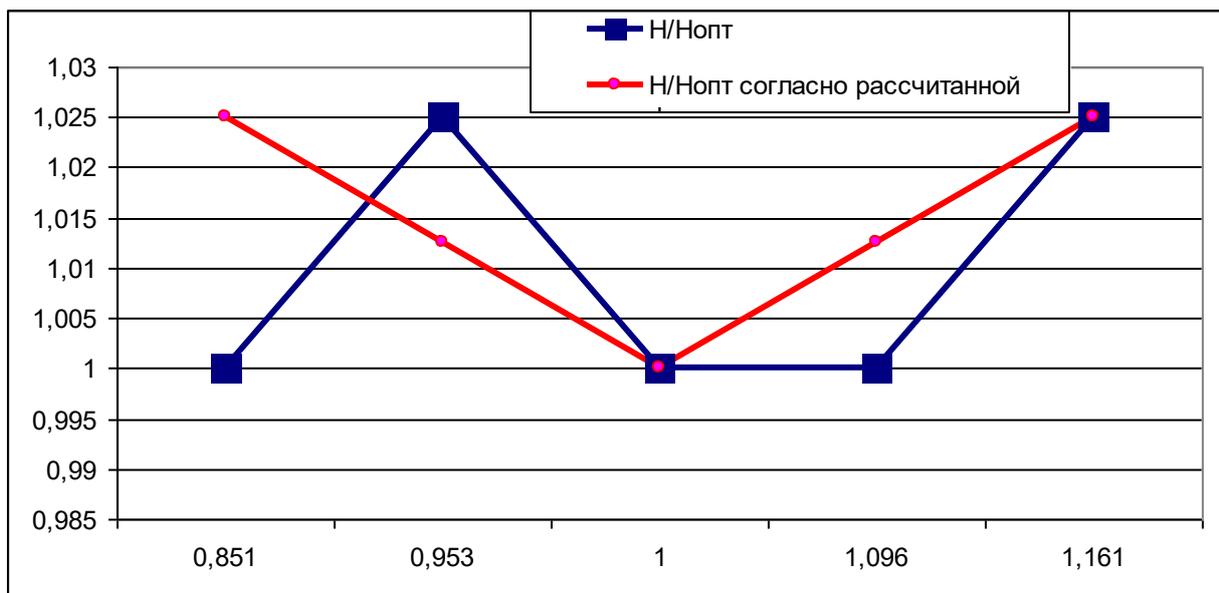


Рассмотрим влияние скорости в техническом задании на оптимизируемую переменную H. Можно построить линейное приближение функции влияния скорости на оптимизируемую переменную H:

$$H/H_{\text{опт}} = 1 + |0,0125|*\Delta x;$$

$$H = 8 + |0,1|*\Delta x$$

График зависимости влияния скорости на полученную в результате оптимизации и рассчитанную согласно указанной функции нормированную высоту борта судна приведен ниже (по оси x – соответствующее значение отнормированной целевой функции системы).



Так как остальные основные (по отношению к судну в целом) переменные компоненты в рамках рассматриваемой модели не чувствительны к изменению параметра скорости (их значения одинаковы для оптимальных судов при изменении технического задания по скорости), то можно говорить об *устойчивости* оптимального решения относительно скорости. Таким образом, использование теории нечетких множеств, для описания системы типа Судно является оправданным.

Список литературы

1. Артюшина Т.Г. Полное описание подсистем математической модели судна на примере контейнеровоза с использованием математического аппарата на основе теории нечетких множеств с результатами компьютерного эксперимента по подсистемам “Корпус” и “Гидродинамический комплекс” – Научные технологии, 2016. Т.17. №3, с.3-10
2. Артюшина Т.Г. Описание и оптимизация элемента многоуровневой системы “Судно” на основе теории нечетких множеств –СПб.: Морской вестник, 2010 №4, с.99-101.

ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2017 ГОД

Январь 2017г.

IV Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Актуальные вопросы технических наук в современных условиях»**, г. Санкт-Петербург

Прием статей для публикации: до 1 января 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 февраля 2017г.

Февраль 2017г.

IV Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом»**, г. Новосибирск

Прием статей для публикации: до 1 февраля 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 марта 2017г.

Март 2017г.

IV Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения»**, г. Екатеринбург

Прием статей для публикации: до 1 марта 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 апреля 2017г.

Апрель 2017г.

IV Международная межвузовская научно-практическая конференция **«Актуальные вопросы науки и техники»**, г. Самара

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 мая 2017г.

Май 2017г.

IV Международная научно-практическая конференция **«Проблемы и достижения в науке и технике»**, г. Омск

Прием статей для публикации: до 1 мая 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июня 2017г.

Июнь 2017г.

IV Международная научно-практическая конференция **«Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем»**, г. Казань

Прием статей для публикации: до 1 июня 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июля 2017г.

Июль 2017г.

IV Международная научно-практическая конференция **«Перспективы развития технических наук», г. Челябинск**

Прием статей для публикации: до 1 июля 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 августа 2017г.

Август 2017г.

IV Международная научно-практическая конференция **«Технические науки в мире: от теории к практике», г. Ростов-на-Дону**

Прием статей для публикации: до 1 августа 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 сентября 2017г.

Сентябрь 2017г.

IV Международная научно-практическая конференция **«Современный взгляд на проблемы технических наук», г. Уфа**

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 октября 2017г.

Октябрь 2017г.

IV Международная научно-практическая конференция **«Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития», г. Волгоград**

Прием статей для публикации: до 1 октября 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 ноября 2017г.

Ноябрь 2017г.

IV Международная научно-практическая конференция **«Новые технологии и проблемы технических наук», г. Красноярск**

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 декабря 2017г.

Декабрь 2017г.

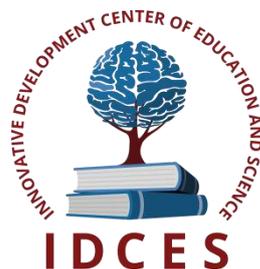
IV Международная научно-практическая конференция **«Развитие технических наук в современном мире», г. Воронеж**

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 января 2018г.

С более подробной информацией о международных научно-практических конференциях можно ознакомиться на официальном сайте Инновационного центра развития образования и науки www.izron.ru (раздел «Технические науки»).

ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



Новые технологии и проблемы технических наук

Выпуск IV

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(11 ноября 2017 г.)**

г. Красноярск

2017 г.

Печатается в авторской редакции
Компьютерная верстка авторская

Подписано в печать 10.11.2017.
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 12,0.
Тираж 250 экз. Заказ № 113.

Отпечатано по заказу ИЦРОН в ООО «Ареал»
603000, г. Нижний Новгород, ул. Студеная, д. 58.