



**НАУЧНЫЙ
ФОРУМ**
nauchforum.ru

ISSN 2618-9402



**VII Студенческая международная
заочная научно-практическая
конференция**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ.
СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ**
№ 7(7)

г. МОСКВА, 2018



ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ. СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ

*Электронный сборник статей по материалам VII студенческой
международной научно-практической конференции*

№ 7 (7)
Август 2018 г.

Издается с февраля 2018 года

Москва
2018

УДК 62+51
ББК 30+22.1
Т38

Председатель редколлегии:

Лебедева Надежда Анатольевна – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, г. Киев, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

Волков Владимир Петрович – кандидат медицинских наук, рецензент АНС «СибАК»;

Елисеев Дмитрий Викторович – кандидат технических наук, доцент, начальник методологического отдела ООО "Лаборатория институционального проектного инжиниринга";

Захаров Роман Иванович – кандидат медицинских наук, врач психотерапевт высшей категории, кафедра психотерапии и сексологии Российской медицинской академии последипломного образования (РМАПО) г. Москва;

Зеленская Татьяна Евгеньевна – кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра высшей математики в Югорском государственном университете;

Карпенко Татьяна Михайловна – кандидат философских наук, рецензент АНС «СибАК»;

Костылева Светлана Юрьевна – кандидат экономических наук, кандидат филологических наук, доц. Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), г. Москва;

Попова Наталья Николаевна – кандидат психологических наук, доцент кафедры коррекционной педагогики и психологии института детства НГПУ;

Яковишина Татьяна Федоровна – канд. сельскохозяйственных наук, доц., заместитель заведующего кафедрой экологии и охраны окружающей среды Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры, член Всеукраинской экологической Лиги.

Т38 Технические и математические науки. Студенческий научный форум. Электронный сборник статей по материалам VII студенческой международной научно-практической конференции. – Москва: Изд. «МЦНО». – 2018. – № 7 (7) / [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: [http://www.nauchforum.ru/archive/SNF_tech/7\(7\).pdf](http://www.nauchforum.ru/archive/SNF_tech/7(7).pdf)

Электронный сборник статей VII студенческой международной научно-практической конференции «Технические и математические науки. Студенческий научный форум» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современной науки.

Данное издание будет полезно магистрам, студентам, исследователям и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития современной науки.

Оглавление

Секция 1. Технические науки	5
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕМКОСТНОГО ОТБОРА МОЩНОСТИ ОТ ЛЭП 110/220 КВ ДЛЯ ПИТАНИЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ УСТРОЙСТВ	5
Абдулаев Саид-Магомед Кериевич	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ИНФРАСТРУКТУРЫ С ПОМОЩЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	9
Боброва Анастасия Владимировна Поваляева Яна Александровна Трухина Александра Михайловна Матюшин Денис Васильевич	
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДА	13
Гаврилова Наталья Александровна	
ПРОВЕРКА СООТВЕТСТВИЯ РЕЗУЛЬТАТА МЕДИЦИНСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СТАНДАРТУ DICOM	18
Дурыгин Глеб Дмитриевич Дурыгин Олег Дмитриевич	
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА АЛИТИРОВАНИЯ СТАЛИ	24
Маслов Борис Владимирович Немцева Елена Владимировна Шевелёва Анна Константиновна Цыганов Игорь Анатольевич Коваленко Ирина Анатольевна	
МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКИМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ ПРОЦЕССОВ	33
Маслов Борис Владимирович Немцева Елена Владимировна Шевелёва Анна Константиновна Цыганов Игорь Анатольевич	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕМЕНТАЦИИ СТАЛИ	41
Немцева Елена Владимировна Коваленко Ирина Анатольевна	

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ» НАПРАВЛЕНИЕ 130302 НА ТЕМУ: «ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА АТМЕГА328 ДЛЯ СХЕМЫ РЕВЕРСА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ» Садков Кирилл Олегович Моногаров Сергей Иванович	51
ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ БРАУЗЕРНЫХ МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИГР Снопкова Алла Михайловна Данилова Виолетта Валерьевна Бутенко Надежда Сергеевна Локтев Евгений Сергеевич Куликова Наталья Николаевна	60
МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЦЕПТУР ЭКСТРУДАТОВ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ Сырокоренский Илья Сергеевич	65
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ЗАКАЛКИ И ОТЖИГА СТАЛИ Шевелёва Анна Константиновна Маслов Борис Владимирович Немцева Елена Владимировна Цыганов Игорь Анатольевич Коваленко Ирина Анатольевна	70
ПРИМЕНЕНИЕ И ПРЕИМУЩЕСТВА ИНДУКЦИОННЫХ РАСХОДОМЕТРОВ ПРИ ОТГРУЗКЕ В МАГИСТРАЛЬНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ Шиленок Ольга Васильевна Титов Дмитрий Викторович Лисовенко Василий Михайлович	79
МНОГОПОТОЧНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Шматова Анастасия Павловна Чернова Светлана Владимировна	84

СЕКЦИЯ 1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕМКОСТНОГО ОТБОРА МОЩНОСТИ ОТ ЛЭП 110/220 КВ ДЛЯ ПИТАНИЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ УСТРОЙСТВ

Абдулаев Саид-Магомед Кериевич
магистрант ФГБОУ Волгоградский ГАУ,
РФ, г. Волгоград

В работе рассматриваются вопросы использования емкостного отбора мощности от ЛЭП 110/220 кВ для питания малогабаритных маломощных устройств. Проведен анализ используемых устройств питания информационно-измерительных систем мониторинга состояния ЛЭП. Рассмотрен вариант применения емкостного делителя напряжения в качестве источника питания для малогабаритных устройств.

Для поддержания надежной работы линий электропередач (ЛЭП) необходим постоянный мониторинг состояния оборудования ЛЭП, диагностика ненормальных режимов работы, одним из которых, например, является гололедные отложения. Всё чаще находят применение устройств контроля температуры провода, датчиков натяжения провода при контроле параметров гололедообразования. Помимо этого, сетевые организации внедряют информационно-измерительные системы мониторинга состояния ЛЭП, монтируемые на опорах ЛЭП, а также системы освещения для обозначения габаритов линии в ночное время.

Применение располагаемых на опорах воздушных линий 110/220 кВ информационно-измерительных систем мониторинга состояния ЛЭП, состоящих из датчиков измерения и устройств передачи данных, требует соблюдения бесперебойности питания данных установок. В соответствие с этим, устройства питания данных систем должны соблюдать следующие условия [1]:

1. Выходные значения напряжения и мощности энергозависимых устройств должны соответствовать значениям этих параметров на потребителе в большинстве режимов работы ЛЭП.

2. Обеспечивать нормативное качество выдаваемой электроэнергии.

3. Обладать по возможности простым конструктивным исполнением и иметь минимум затрат на его производство.

4. Обладать климатической и эксплуатационной стойкостью

5. Обеспечивать работоспособность информационно-измерительных систем мониторинга при возникновении аварийных режимов ЛЭП.

В качестве устройств питания мощностью до 150 Вт для питания информационно-измерительных систем мониторинга состояния ЛЭП в настоящее время используются аккумуляторы напряжением 12 В. Для поддержания их заряда применяются солнечные батареи. Как показывает эксплуатация, подобное решение имеет недостаточную надежность в зимний период времени из-за явлений обледенения и загрязнения фотоэлементов, что значительно снижает их эффективность, к тому же мощность солнечных батарей должна выбираться с запасом, а аккумуляторы должны соответствовать жестким требованиям, что требует, как дополнительных капитальных затрат, так и значительных эксплуатационных издержек на регулярное техническое обслуживание. Еще одним недостатком данного решения являются большие габариты (в следствие этого парусность) и относительно высокая стоимость, а также деградация фотоэлементов с течением времени [2].

В качестве альтернативы предлагается вариант использования емкостного отбора мощности от ЛЭП 110/220 кВ для питания малогабаритных устройств [3].

По своей сути емкостной отбор мощности осуществляется посредством емкостного делителя напряжения [4].

Предлагаемое техническое решение (рисунок 1) содержит последовательно соединённые конденсатор связи $C1$ и конденсатор отбора мощности $C2$, включенные между фазой ЛЭП 110/220 кВ и землей. Параллельно конденсатору отбора мощности подключается трансформатор $T1$, так, что первичная обмотка

трансформатора оказывается включенной между землей и узлом соединения конденсатора отбора мощности и конденсатора связи. Ко вторичной обмотке трансформатора подключается стабилизатор напряжения VD1 и нагрузка Z1. Нагрузка заземляется.

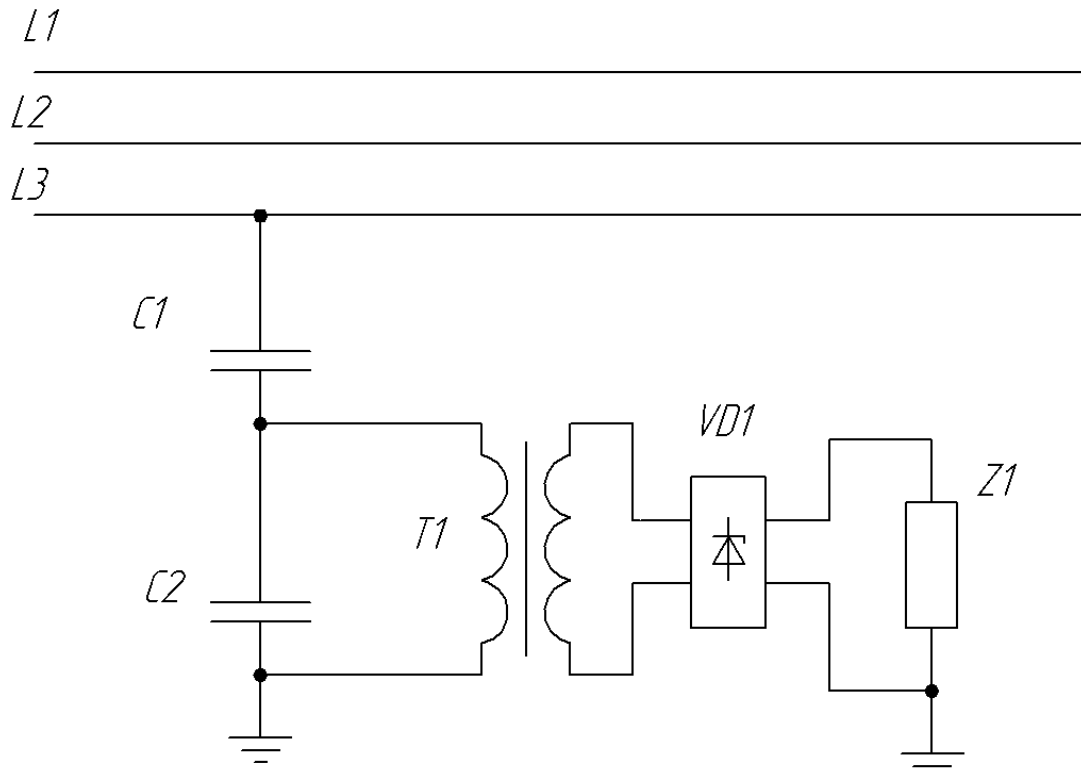


Рисунок 1. Схема электрическая принципиальная устройства для емкостного отбора мощности от ЛЭП 110/220 кВ

Подобное построение схемы емкостного отбора мощности позволяет получить стабильное значение напряжения на нагрузке при протекании любых, даже нулевых значений тока в фазных проводах ЛЭП.

В заключении хотелось бы отметить, что применение совместно с емкостным отбором фазного провода ЛЭП в качестве резервного источника питания суперконденсаторов, обладающих аномальной емкостью, в перспективе позволит решить задачу бесперебойности питания информационно-измерительных систем мониторинга состояния ЛЭП и иных малогабаритных устройств, монтируемых непосредственно на опорах ЛЭП.

Список литературы:

1. Панасенко М.В. Устройство отбора мощности для питания систем мониторинга линий электропередачи / М.В. Панасенко // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2016. – № 3(15).– С.34–38.
2. Нефедьев А.И. Емкостной делитель высокого напряжения на газонаполненных конденсаторах / А.И. Нефедьев, А.В. Исаев, Д.К. Азарян // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2017. – № 2(19).– С.43–46.
3. Патент на изобретение №2558690 РФ, МПК⁷ H02J3/00. Устройство отбора мощности от линии электропередачи / Ю.Ф. Королюк, Н.С. Бурянина, Е.В. Лесных. - № 2013129389/07; заявл. 26.06.2013; опублик. 10.08.2015, Бюл. № 1.
4. Патент на изобретение №2381585 РФ, МПК⁷ H01F27/42, G01R15/04. Емкостной источник питания / А.Г. Арсон, Е.И. Остапенко, А.М. Чурсинов. - № 2008139248/09; заявл. 03.10.2008; опублик. 10.02.2010, Бюл. № 4.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ИНФРАСТРУКТУРЫ С ПОМОЩЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Боброва Анастасия Владимировна

*магистрант
ФГБОУ ВО "ОГУ имени И.С. Тургенева",
РФ, г. Орёл*

Поваляева Яна Александровна

*магистрант
ФГБОУ ВО "ОГУ имени И.С. Тургенева",
РФ, г. Орёл*

Трухина Александра Михайловна

*магистрант
ФГБОУ ВО "ОГУ имени И.С. Тургенева",
РФ, г. Орёл*

Матюшин Денис Васильевич

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент,
ФГБОУ ВО "ОГУ имени И.С. Тургенева",
РФ, г. Орёл*

Эффективно развивающемуся обществу необходима система, которая даст возможность получения достоверной, полной и оперативной информации об окружающем нас мире. На данный момент компьютерные технологии позволяют получать трехмерные геопространственные данные высокой точности в режиме реального времени. В получении и использовании подобного рода информации заинтересована все отрасли народного хозяйства и органы власти. Можно создавать как простые трехмерные модели - в виде наглядной аналитической карты, так и более сложные. Размеры и сложность модели должны зависеть от целей и задач исследования.

В настоящее время в Российской Федерации кадастр объектов недвижимости ведется в двухмерном виде. На публичной кадастровой карте объекты капитального строительства представлены в виде точек и, соединяющих их, линий.

Такое представление не позволяет учитывать многоуровневые объекты: дорожные развязки, туннели и мосты, здания нестандартной формы с нависающими этажами [1].

Применение трехмерного моделирования позволит расширить возможности системы управления объектами инфраструктуры. Трехмерные цифровые модели имеют следующие плюсы:

- позволяют учитывать особенности рельефа, которые, несомненно, оказывают влияние на кадастровую стоимость;
- позволяют наглядно оценить состояние городских застроек, за счет объемного изображения ситуации;
- позволяют увеличить возможности для внедрения эффективных градостроительных и архитектурных решений.

Трехмерная модель позволит идентифицировать надземные, наземные и подземные объекты.

3D модели в государственном кадастре недвижимости широко используются в Европейских странах. В целом 3D кадастр позволит:

- быстро и верно принимать решения в сфере земельно-имущественных отношений;
- повысить устойчивость комплексного управления системой объектов;
- повысить справедливость налогообложения;
- увеличить достоверность сведений.

За счет применения трехмерного моделирования можно достигнуть рационального и многоцелевого использования наземных, подземных и надземных участков земли.

Преимущества 3D моделирования очевидны, однако, городская застройка является непростой для моделирования, объекты инфраструктуры находятся на разных уровнях и имеют различную форму, имеют разное функциональное назначение, состоят из разных материалов. Все эти факторы определяют необходимость классификации 3D моделей по ряду характеристик.

На сегодняшний день, в кадастровых системах зарубежных стран, наибольшее распространение получили векторные геометрические модели, для их создания применяются 5 основных подходов:

- Модели основанные на объемном представлении;
- Метод конструктивной твердотелой геометрии;
- Плоскогранное представление;
- Метод выдавливания;
- Представление с помощью границ [2].

Для объектов инфраструктуры разумно применять метод представления с помощью границ со средним уровнем детализации. Целесообразность применения данного метода трехмерного моделирования основана на следующих факторах:

- Плоскогранное представление является простым и доступным способом для создания 3D модели;

- Конфигурация объектов капитального строительства разрешает представить их в виде совокупности вершин, ребер, граней, полигонов и поверхностей;

- Государственный кадастр недвижимости построен на использование местной прямоугольной системы координат;

- Понятие "3D модель объекта недвижимости" закреплено законодательством и соответствует выбранному способу трехмерного моделирования [2].

Применение 3D кадастра никак не противоречит современным требованиям развития информационных технологий Росреестра. Поэтому основным этапом является лишь первоначальная разработка системы, на последующие этапы затраты практически не нужны. Стоит заметить, что введение данной системы не затронет процессы регистрации прав и кадастрового учета.

В настоящее время новые объекты инфраструктуры проектируются непосредственно в 3D. А это значит, что их можно использовать для

постановки на кадастровый учет трехмерного формата и провести процедуру регистрации права с небольшими усилиями.

Мы должны соответствовать современным требованиям, развивать и совершенствовать систему инвентаризации объектов недвижимости. Переход к трехмерному кадастру позволит сделать информацию об объекте капитального строительства более наглядной и полезной. Он поспособствует выведению страны на новый уровень в кадастровом учете, а значит и в экономике. Будут упрощены многие аспекты государственной регистрации прав, наглядность позволит принимать более быстрые и качественные решения.

Несомненно, трехмерное моделирование это огромный толчок в совершенствование системы управления объектами инфраструктуры. Сейчас оно находится на стадии реализации, но совсем скоро нас ждет преобразование публичной кадастровой карты и системы государственного кадастрового учёта в целом.

Список литературы:

1. Осенняя А.В., Гура Д.А., Языджян Ж.Г., Перспективы внедрения трехмерного кадастра в России // Научные труды КубГТУ. - 2018. - С. 200-210.
2. Чернов А.В. Моделирование пространственных объектов недвижимости в 3D кадастре // Современные вопросы землеустройства, кадастра и мониторинга земель. – 2016. – С. 190-199.
3. Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Петренков Д.В., Серикова А.А., Эффективность создания трехмерной модели местности для кадастра // Научные труды КубГТУ. - 2017. - № 4 - С. 233-240.
4. Николаев Н.А., Чернов А.В., Трехмерный кадастр недвижимости как новая ступень развития кадастровых систем // Интерэкспо Гео-Сибирь. - 2014. - № 2 - С. 214-219.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДА

Гаврилова Наталья Александровна

*студент Академия строительства и архитектуры
Самарского государственного технического университета- АСА СамГТУ,
РФ, г. Самара*

Аннотация. В данной работе был проведен анализ новых методов прокладки труб, как альтернатива траншейной прокладке. Современные методы имеют ряд преимуществ: сокращение времени, материальных затрат, труда рабочих, всесезонность выполнения работ, сохранение окружающей среды.

Ключевые слова: инженерные сети, трубопровод, бестраншейные методы, горизонтальное направленное бурение

Для прокладки трубопровода еще несколько лет назад выкапывали большие траншеи, перекрывали улицы, это создавало для жителей городов немалые неудобства. В настоящее время очень часто нужно провести дополнительные инженерные сети к какому-либо участку, заменить старый трубопровод. Тем временем появились новые технологии, с ними возможно решить многие проблемы.

Бестраншейная прокладка труб имеет ряд преимуществ:

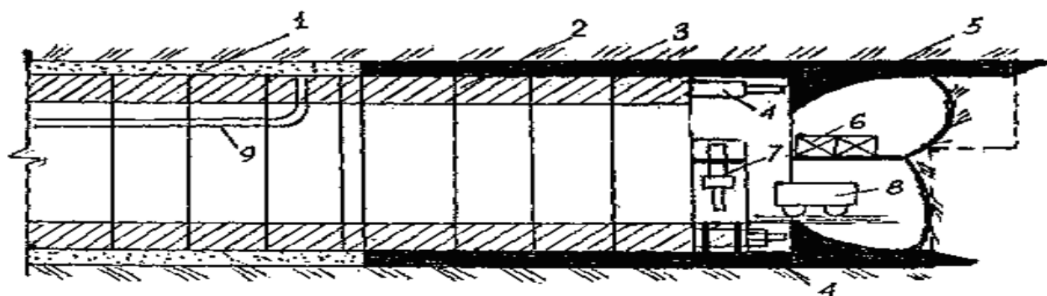
- экономия времени прокладки трубопровода;
- уменьшение материальных затрат;
- сокращение количества рабочих, повышение их безопасности при производстве работ;
- возможность прокладки трубы круглый год;
- минимальный вред окружающей среде.

Основными бестраншейными методами прокладки и реконструкции подземных трубопроводов являются:

- щитовая проходка;
- микротоннелирование;

- горизонтальное направленное бурение;
- прокалывание, пробивка и продавливание;
- раскатывание.

Щитовая проходка - представляет собой закрытый способ прокладки тоннелей, с помощью механизированных щитов размерами 1,5-3,6 м. В эти тоннели укладываются трубы нужного диаметра и проводят забутовку свободного пространства. При использовании метода щитовой проходки в неблагоприятных грунтах (водонасыщенных, слабоустойчивых) следует проводить мероприятия по водопонижению, замораживанию, химическому закреплению. При производстве щитовой проходки в стесненных условиях, густо населенных городских районах сталкиваются с проблемой необходимости ограничения движения транспортных средств.

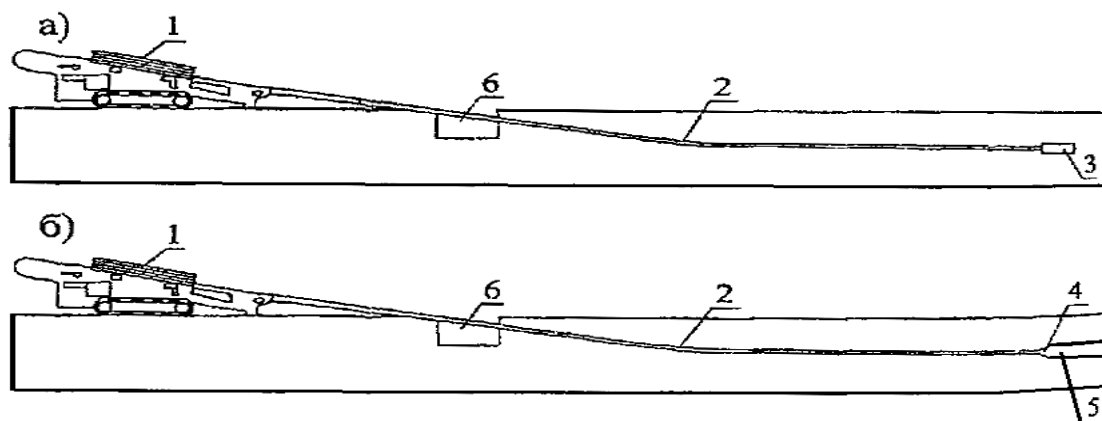


Примечание: 1 - полость, заполненная бетонной смесью; 2 - обделка туннеля из тюбингов; 3 - обойма щита; 4 - домкраты; 5 - защитных козырек; 6-рабочая платформа; 7 - эжектор; 8 - вагонетка; 9 - рукав раствора насоса

Рисунок 1. Схема проходки туннеля с помощью щита

Микротоннелирование дает возможность выполнять 10-15 метров проходки в сутки во всех горно-геологических условиях с помощью дистанционно управляемых комплексов. Этот метод позволяет выполнять задачи по прокладке коммуникаций в сложных условиях: водонасыщенных без водопонижения или закрепления грунтов. Важной особенностью технологии микротоннелирования является высокий уровень точности проходки и возможность постоянного контроля за ее траекторией. Такой метод обеспечивает точность прокладки под землей коллектора большого диаметра до нескольких сантиметров.

Горизонтальное направленное бурение в народе сокращенно носит название «ГНБ». При прокладке труб до 150 мм таким способом используют раствор на основе бентонита или полимеров. Трубы с большим диаметром прокладываются с использованием специальных буровых установок. Для прокладки труб диаметром до 300 мм и длиной до 50 м применяют малые установки шнекового бурения с тяговым усилием 4 тонны, а установки с большим тяговым усилием в 30 тонн используют при прокладке труб диаметром до 500 мм на расстояние до 400 м. Существенное преимущество данного метода заключается в том, что длина прокладки трубы может достигать несколько километров, а диаметр трубопровода доходить до 1400 мм.



Примечание: а) – бурение пилотной скважины; б) – расширение скважины и обратное протягивание; 1 - установка ГНБ; 2 - буровые штанги; 3 - буровая головка; 4 - расширитель; 5 - прокладываемый трубопровод; 6 - стартовый котлован.

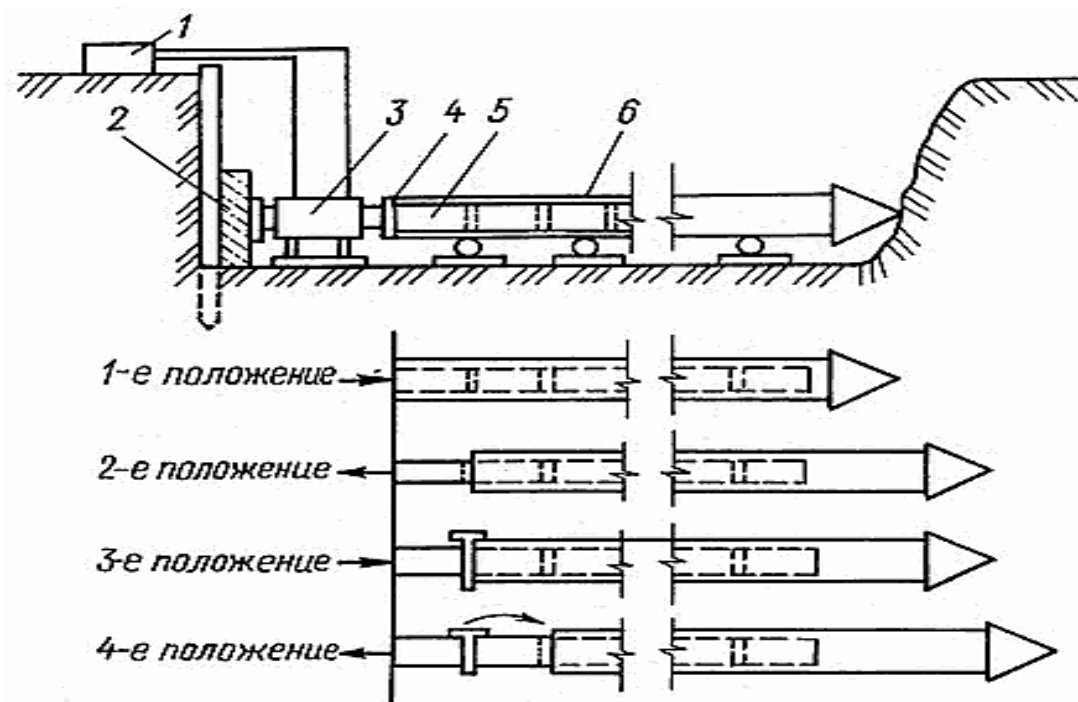
Рисунок 2. Схема установки направленного мелкого бурения

Работы по строительству инженерных сетей методом ГНБ скважит проводят в три этапа:

1. Бурение пилотной скважины
2. Расширение пилотной скважины
3. Протаскивание в скважину трубопровода.

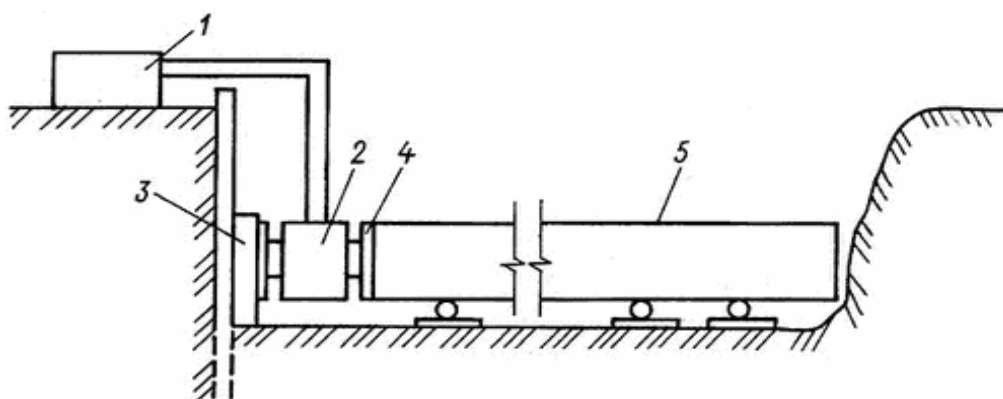
Пробивка и прокалывание представляют собой горизонтальные скважины, с помощью пневмопробойников в них затягивают трубы (диаметром до 400 мм). В корпусе пневмопробойников расположены ударник и воздухораспределительный механизм, который обеспечивает прямой и обратный ход пробойника.

Работы производят с высокой скоростью. Продавливание - с помощью пневмоударных машин забивают стальные трубы диаметром 400-1400 мм в грунт.



Примечание: 1 — масляный насос; 2 — опорная конструкция; — гидравлический домкрат; 4 — нажимная плита; 5 — шомпол; 6 — труба.

Рисунок 3. Схема выполнения прокола



Примечание: 1 — масляный насос; 2 -гидравлический домкрат; 3 — опорная конструкция; 4 — опорная плита; 5 — продавливаемая труба.

Рисунок 4. Схема выполнения продавливания

Для проходки и расширения уже существующих скважин применяют раскатывание, с помощью специальной раскатывающей головки, которая приводится в движение буровым станком через наращиваемые буровые штанги.

Грунт вдавливаются в стенки скважины при вращении головки и образуется устойчивая цилиндрическая полость, в которую затем при реверсе раскатчика затаскивается трубопровод. Лазерной системой наведения контролируют соответствие оси раскатчика с осью проектируемого трубопровода.

Разработанные методы закрытой прокладки имеют огромное количество преимуществ по сравнению с траншейным методом, их используют не только при строительстве новых трубопроводов, но и замене старых, аварийных участков сетей на новые.

Для пересечения естественных и искусственных препятствий применяют бестраншейный метод, как наиболее подходящий, а в городских условиях без него в принципе невозможно обойтись.

Список литературы:

1. Воронов Ю.В., Алексеев Е.В., Саломеев В.П., Пугачёв Е.А. Водоотведение - Инфра-М. Москва. 2007 - 415 с.
2. Рыбаков А.П. Основы бестраншейных технологий. Теория и практика. - ПрессБюро. Москва. 2005 – 304 с.

ПРОВЕРКА СООТВЕТСТВИЯ РЕЗУЛЬТАТА МЕДИЦИНСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СТАНДАРТУ DICOM

Дурыгин Глеб Дмитриевич

*студент, Самарский Университет имени С.П. Королёва,
РФ, г. Самара*

Дурыгин Олег Дмитриевич

*студент, Самарский Университет имени С.П. Королёва,
РФ, г. Самара*

Введение

В наше время информационные технологии все глубже проникают в медицину, поэтому существует потребность в создании единой компьютерной сети для медицинского оборудования, которая могла бы без труда расширяться подключением нового оборудования, организовывала бы доступ ко всем аппаратам внутри сети. Но универсальные компьютерные технологии не обладают возможностями подключения различного рода медицинских аппаратов. Данную проблему решают медицинские коммуникационные стандарты. Самым распространенным считается стандарт DICOM.

Стандарт DICOM

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine, цифровые изображения и обмен ими в медицине) – это коммуникационный стандарт для передачи медицинских изображений и другой медицинской информации между компьютерами, опирающийся на стандарт Open System Interconnection (OSI), разработанный Международной организацией по стандартам (International Standards Organization, ISO). Медицинские изображения создаются с помощью различных методов лучевой диагностики: ультразвуковая диагностика, эндоскопия, рентгенография, компьютерная и магнитно-резонансная томография и др.

Стандартом DICOM определено два информационных уровня [1]:

- файловый уровень – DICOM File Format (DICOM-файл) – объектный файл с теговой организацией для представления кадра изображения (или серии кадров) и сопровождающей или управляющей информации;

- сетевой уровень – DICOM Network Protocols (сетевой DICOM-протокол) – для передачи DICOM-файлов и управляющих DICOM-команд по сетям с поддержкой TCP/IP.

Проверка соответствия результата медицинского исследования стандарту DICOM

DICOM-файл является результатом одного из методов лучевой диагностики (медицинского исследования) и представляет собой сложную структуру данных, включающую в себя данные о пациенте, данные об оборудовании, полученные во время исследования изображения, и другую сопровождающую информацию. Для корректного использования DICOM-файла требуется проверять соответствие полученного результата медицинского исследования со стандартом. В данной работе рассмотрен принцип действия программы, решающей поставленную задачу.

Разработанная программа написана на языке C++ с помощью среды разработки Qt Creator. Наша программа поэтапно проверяет соответствие DICOM-файла относительно стандарта DICOM. Она принимает на вход DICOM-файл, а затем по результатам проверки формирует отчет, в котором подробно описываются все обнаруженные нарушения стандарта. Формат DICOM-файла описан в международном стандарте DICOM [2]. Далее рассмотрим каждый этап проверки.

Этап 1. Проверка расширения файла

На первом этапе проверяется расширение файла, которое должно быть “.dcm”. А также проверяются первые 128 байт, которые в DICOM-файле не используются и должны быть заполнены нулями. За ними должны следовать символы “D”, “I”, “C”, “M”.

Этап 2. Проверка заголовка

Далее проверяется структура заголовка, который следует после символов “D”, “I”, “C”, “M” и занимает 794 байта. В заголовке содержатся данные, разделенные на классы информационных объектов [2, PS3.3], в которых

хранится информация о модальности устройства, версии программного обеспечения, фотометрических данных, количестве изображений, условиях исследования, синтаксисе передачи данных и др.

Этап 3. Проверка структуры данных

Вся подробная информация о пациенте, исследовании, производителе медицинского оборудования представляет собой последовательность данных, состоящую из отдельных элементов. Элемент данных является минимальной единицей информации в DICOM-файле.

Элемент данных состоит из 4-х компонентов [2, PS3.5]:

- тег – уникальный идентификатор элемента, состоящий из пары 16-битных слов, определяющих номер группы и номер элемента;
- тип данных – строка из двух символов, содержащая аббревиатуру типа данных;
- длина поля данных – число, равное количеству байт в поле данных;
- поле данных – значение информационного объекта.

Порядок следования байт в двоичных словах зависит от наличия поля типа данных, а также от типа установленного синтаксиса передачи (обусловленного типом процессора):

- если элементы передаются без поля типа данных (тип данных определяется по тегу), то в словах (тег, длина, данные двоичного типа) сначала передаются младшие байты;
- если присутствует поле типа данных, то в зависимости от типа процессора сначала передаются младшие, либо старшие байты.

На этом этапе проверяется, что последовательность данных состоит только из элементов с описанной выше структурой, а также с указанным в DICOM-файле типе синтаксиса передачи.

Этап 4. Проверка существования тега в словаре данных

В стандарте DICOM приводится словарь данных [2, PS3.6], который содержит полный список элементов данных. Фактически, словарь данных

является централизованным реестром, который определяет коллекцию всех элементов данных DICOM, доступных для представления информации, элементы, используемые для взаимозаменяемого кодирования мультимедиа, а также список уникально идентифицированных элементов, описанных в стандарте. На данном этапе проверяется существование тега элемента данных в словаре.

Этап 5. Проверка типа данных

Стандарт DICOM определяет типы данных [2, PS3.5], которые можно использовать при описании элемента данных (например, число, дата, текст, имя и др.). Здесь проверяется соответствие значения типа данных и типа поля данных.

Этап 6. Проверка мультимедиа

Синтаксис передачи информации в DICOM-файле несет сведения о структуре данных мультимедиа, показывая были ли они предварительно сжаты и их формат. Непосредственно данные мультимедиа хранятся в значении тега Pixel Data и могут быть либо в несжатом формате, либо в инкапсулированном (сжатом) формате. Поддерживаемые форматы изображений и видео приведены в стандарте DICOM [2, PS3.5] (например, форматы изображений: JPEG, RLE, JPEG-LS, JPEG 2000; форматы видео: MPEG2, MPEG-4, HEVC). На данном этапе происходит проверка заявленного значения синтаксиса передачи информации и фактического значения мультимедиа (Pixel Data).

Пример работы программы

Рассмотрим пример работы программы на двух файлах, один из которых соответствует стандарту DICOM, а другой нет. Результаты проверки приведены на рисунках 1 и 2. При нахождении несоответствия стандарту программа сообщает пользователю об ошибке и обозначает место, где ошибка была найдена.

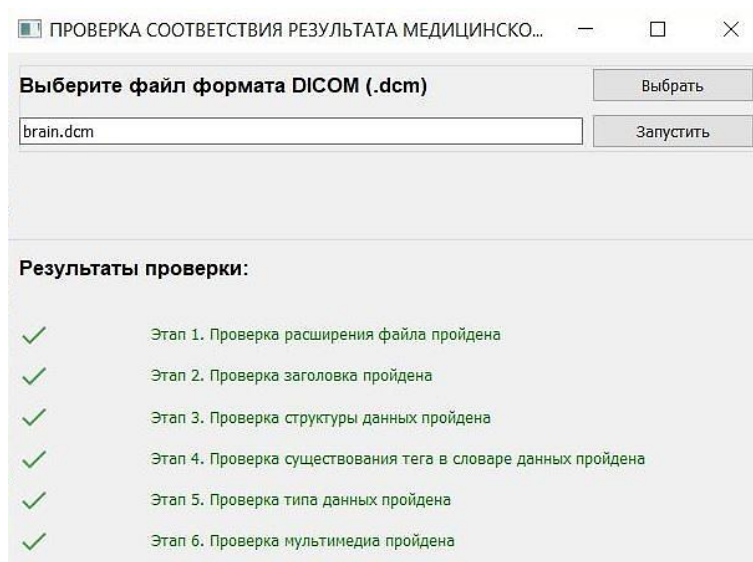


Рисунок 1. Вывод результатов успешной проверки

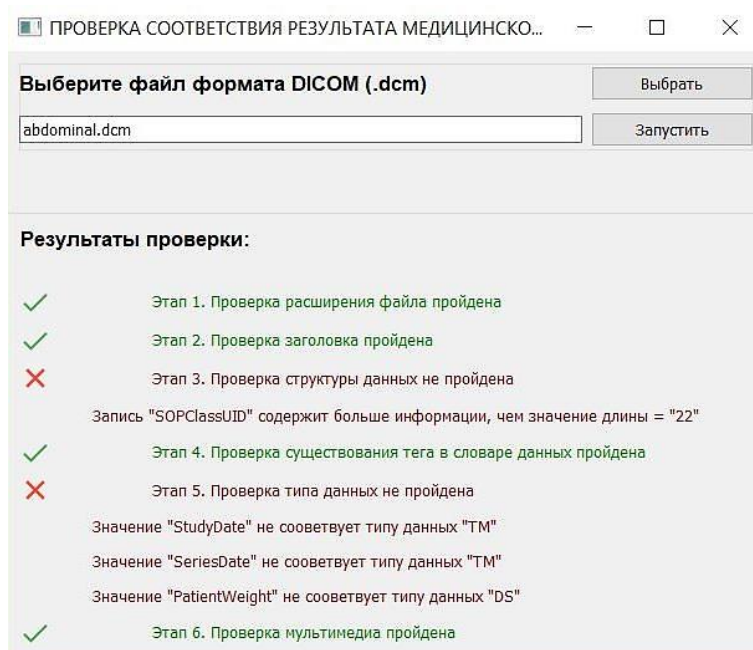


Рисунок 2. Вывод результатов неудачной проверки

Вывод

Разработанная нами программа позволяет проверить DICOM-файл с результатами медицинского исследования на соответствие стандарту DICOM. Данная программа может быть полезна для оценки правильности работы при создании DICOM-файлов. Также программа может использоваться для обнаружения файлов с ошибочной структурой, несоответствующей стандарту, так как такие файлы не всегда смогут отображаться и считываться корректно.

Поэтому для корректного отображения данных важно, чтобы DICOM-файл с результатами медицинского исследования полностью удовлетворял требованиям стандарта DICOM.

Список литературы:

1. Программное обеспечение для работы с данными в формате DICOM на IBM PC / И.Н. Пронин, П.В. Родионов, Л.М.Фадеева и др. // НИИ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко РАМН - М.: №2, 2002, С.138-142.
2. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) [Электронный ресурс] – URL: <https://www.dicomstandard.org/current/> (Дата обращения: 01.08.2018).

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА АЛИТИРОВАНИЯ СТАЛИ

Маслов Борис Владимирович

*магистрант Липецкого государственного технического университета,
РФ, г. Липецк*

Немцева Елена Владимировна

*магистрант Липецкого государственного технического университета,
РФ, г. Липецк*

Шевелёва Анна Константиновна

*магистрант Липецкого государственного технического университета,
РФ, г. Липецк*

Цыганов Игорь Анатольевич

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент
Липецкого государственного технического университета,
РФ, г. Липецк*

Коваленко Ирина Анатольевна

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент
Липецкого государственного технического университета,
РФ, г. Липецк*

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF ALUMINIZING STEEL

Boris Maslov

*master's student of Lipetsk state technical University,
Russia, Lipetsk*

Elena Nemtseva

*master's student of Lipetsk state technical University,
Russia, Lipetsk*

Anna Sheveleva

*master's student of Lipetsk state technical University,
Russia, Lipetsk*

Igor Tsyganov

*scientific supervisor candidate of technical Sciences, associate Professor
of Lipetsk state technical University,
Russia, Lipetsk*

Аннотация. Разработка режимов алитирования стали для улучшения механических, физических и технологических свойств поверхности углеродистых сталей осуществлялась математическим моделированием процессов.

Abstract. The development of steel alitizing regimes to improve the mechanical, physical and technological properties of the surface of carbon steels was carried out by mathematical modeling of processes.

Ключевые слова: алитирование, сталь, математическая модель, расчет, режим, химический состав, структура, глубина слоя, микротвердость.

Keywords: alitizing, steel, mathematical model, calculation, mode, chemical composition, structure, layer depth, microhardness.

Для того чтобы решить поставленную задачу на ЭВМ необходимо описать задачу математически. Сначала надо сформулировать задачу обозначить переменные и налагаемые ограничения на условия задачи, вскрыть отправные и завершающие величины.

Для проведения математического описания задачи были обработаны экспериментальные данные, полученные другими авторами [1–5]. За основу взяты уравнения, внешний вид которых наиболее соответствует физическому смыслу процесса алитирования. Например, известно, что зависимость глубины слоя от температуры имеет экспоненциальный вид, следовательно, уравнение принимает следующий вид

$$\delta = K e^{-34000/(RT)}, \quad (1)$$

где: δ – глубина слоя, мкм; K – коэффициент пропорциональности; T – температура проведения процесса алитирования, °C; $Q = 34\,000$ кДж/г-атом – энергия диффузии алюминия.

Зависимость глубины слоя от времени насыщения имеет параболическую зависимость, следовательно, имеем уравнение вида

$$\delta = K\sqrt{\tau_B}, \quad (2)$$

где: δ – глубина слоя, мкм; K – коэффициент пропорциональности, τ – время алитирования, ч.

Вид уравнений взят из физики процессов поверхностного насыщения, т. е. в соответствии с кинетикой протекания диффузионных процессов.

Методом наименьших квадратов и линейным регрессионным анализом были получены следующие уравнения зависимости глубины образующегося алитированного слоя от совокупности исходных данных

- для порошкового алитирования,

$$\delta = \sqrt{(A \times \tau \times (B + C \times F_L)) \times e^{\frac{-34000}{RT}}}, \quad (3)$$

- для жидкостного алитирования

$$\delta = \sqrt{(D \times \tau \times (F + G \times F_L)) \times e^{\frac{-34000}{RT}}}, \quad (4)$$

- для электролизного алитирования

$$\delta = \sqrt{(H \times \tau \times (\ln j + I) \times (F + G \times F_L)) \times e^{\frac{-34000}{RT}}}, \quad (5)$$

где: δ – глубина алитированного слоя, мкм; $A - K$ – константы для данного вида алитирования; τ – время насыщения, ч; F_L – функция, учитывающая влияние легирующих элементов на протекание диффузионных процессов (различна для различных видов алитирования); j – плотность электрического тока, А/см²; R – универсальная газовая постоянная, $R = 1,99$ кал/(моль×град); T – температура насыщения, °С.

Для нахождения физических констант, входящих в уравнения (3) – (5), использовали экспериментальные данные по исследованию зависимости глубины образующегося слоя от совместного влияния температуры и времени насыщения,

состава насыщающей среды для различных способов проведения процесса алитирования.

Данные, полученные при различных температурах насыщения и времени проведения процесса для различных сталей были объединены в один общий массив в координатах уравнений (3) – (5). Были найдены коэффициенты уравнения, описывающего влияние условий насыщения на результат процесса алитирования – глубину слоя (табл. 1).

Таблица 1.

Коэффициенты уравнений (3) – (5)

Коэффициенты	Значение коэффициентов
Порошковое алитирование	
A	$2,86 \cdot 10^{17}$
B	0,04
C	0,08
Жидкостное алитирование	
D	$6,7 \cdot 10^{17}$
F	0,04
G	0,08
Электролизное алитирование	
H	$8,24 \cdot 10^{18}$
I	33,723
J	0,032
K	0,064

Таким образом, при разработке программы, описывающей технологический процесс алитирования можно выделить следующие этапы:

1. Определение режима алитирования:

а) время нагрева под алитирование определяется в зависимости от среды, в которой нагревают изделия, формула будет иметь следующий вид

- для порошкового алитирования

$$\tau_{\text{H}} = 0,05 \times K_1 \times K_3 \times D, \quad (6)$$

- для электролизного и жидкостного алитирования

$$\tau_{\text{H}} = 0,1 \times K_1 \times K_3 \times D; \quad (7)$$

б) время выдержки при алитировании

- для порошкового алитирования

$$\tau = \frac{\delta^2}{\sqrt{(3,86 \times 10^{17} \times (0,04 + 0,08 \times F_{Л}) \times e^{\frac{-68000}{RT}})}, \quad (8)$$

- для жидкостного алитирования

$$\tau = \frac{\delta^2}{\sqrt{(6,7 \times 10^{17} \times (0,04 + 0,08 \times F_{Л}) \times e^{\frac{-68000}{RT}})}, \quad (9)$$

- для электролизного алитирования

$$\tau = \frac{\delta^2}{\sqrt{(8,24 \times 10^{18} \times (\ln j + 33,723) \times (0,032 + 0,064 \times F_{Л}) \times e^{\frac{-68000}{RT}})}, \quad (10)$$

где: τ – время насыщения, ч; δ – глубина алитированного слоя, мкм; j – плотность тока, А/см²; $F_{Л}$ – функция, учитывающая влияние легирующих элементов на протекание диффузионных процессов (табл. 2); R – газовая постоянная, $R = 1,99$ кал/(моль×град), T – температура насыщения, °С;.

в) определение глубины сплошного слоя FeAl

$$\delta_{FeAl} = 0,12 \times \delta \times \tau + 60,575, \quad (11)$$

г) определение глубины сплошного слоя Fe₃Al

$$\delta_{Fe3Al} = \delta - \delta_{FeAl}, \quad (12)$$

Таблица 2.

Значение коэффициентов влияния легирующих элементов ($F_{Л}$) на глубину алитированного слоя

Элемент	Ni	Mn	Cr	Cu	Al	W	Mo	C
Порошковое алитирование								
Коэффициент	4,6	-0,18	-2,256	2,318	-1,998	-12,618	-141,95	349,74
Жидкостное алитирование								
Коэффициент	-0,087	0,359	-11,86	0,043	12,829	-41,525	-70,044	524,3
Электролизное алитирование								
Коэффициент	1,405	0,457	-0,759	-1,483	-3,857	-71,625	-81,157	625

2. Определение свойств поверхностного слоя

а) микротвердость фазы FeAl, ГПа

$$H_{\mu} = -1,547 \%Ni - 1,087 \%Mn + 0,006 \%Cr - 10,616 \%Cu + \\ + 7,211 \%Al + 2,785 \%W + 12,065 \%Mo + 47,905 \%C, \quad (13)$$

б) микротвердость фазы Fe₃Al, ГПа

$$H_{\mu} = -0,217 \%Ni - 0,109 \%Mn - 0,544 \%Cr - 0,296 \%Cu - 0,193 \%Al + \\ + 3,809 \%W - 9,923 \%Mo + 37,306 \%C, \quad (14)$$

в) перевод микротвердости H_μ в твердость HB, ГПа

$$HB = 0,369 \times H_{\mu} + 3,341, \quad (15)$$

г) предел прочности фаз, МПа

$$\sigma_B = 268 \times HB, \quad (16)$$

д) предел выносливости фаз, МПа

$$\sigma_{-1} = 91 \times HB. \quad (17)$$

Была составлена блок-схема алгоритма алитирования.

Обозначение и значение блоков устанавливает ГОСТ 19428 - 74.

Достоинство записи алгоритмов в виде блок-схем в большой наглядности, возможности сразу охватить всю структуру, замкнутые циклы, осуществить преобразования.

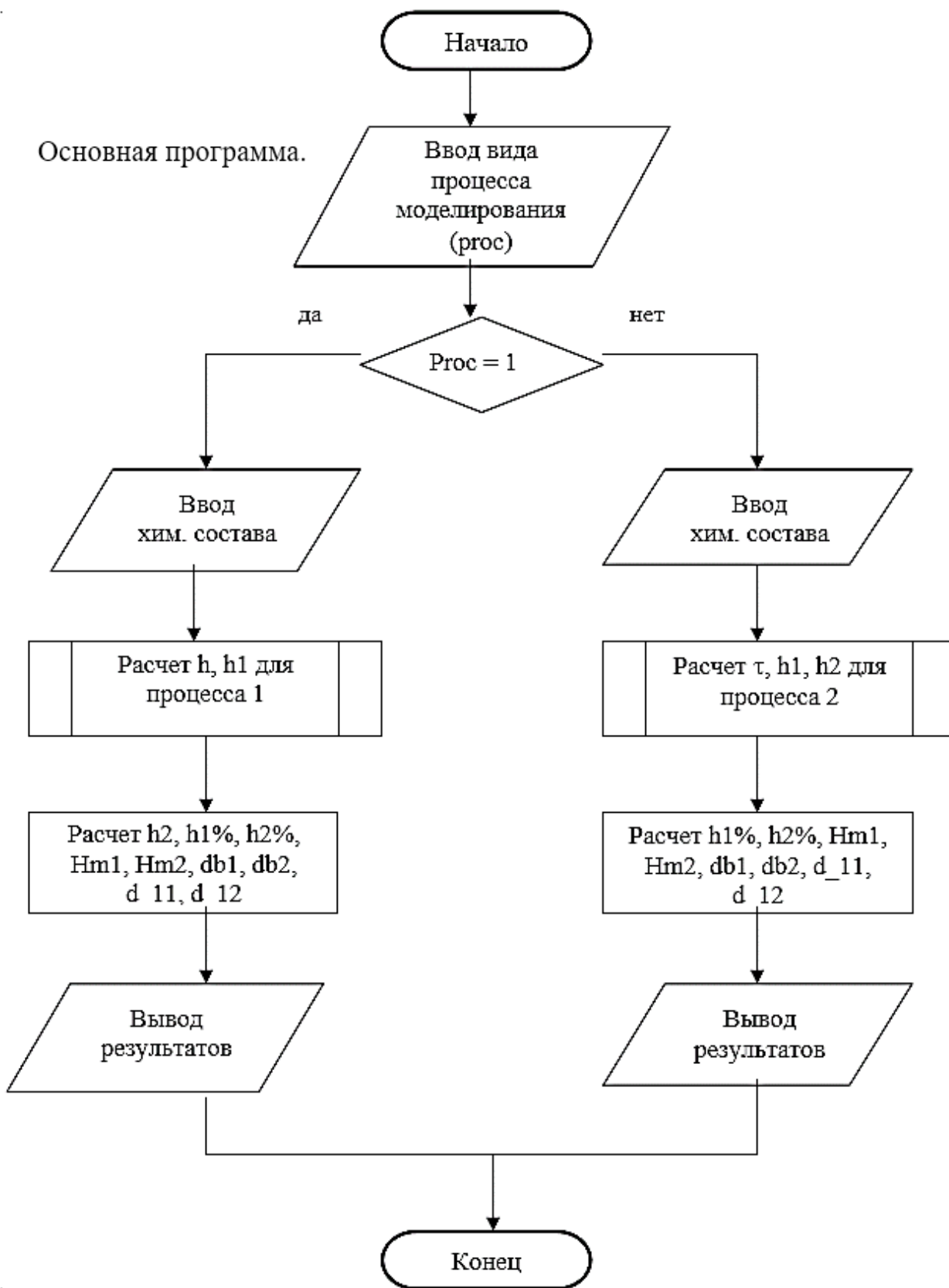


Рисунок. Запись алгоритма в виде блок-схемы

Программа “ALITIROVANIE” предназначена для определения режимов алитирования и механических свойств получаемого алитированного слоя сталей.

Для вычисления компьютер запрашивает следующую информацию:

- вид процесса: 1 – *прямой* (требуется вычислить глубину слоя по заданным значениям времени и температуры проведения процесса) или 2 – *обратный* (нахождение оптимальных значений времени и температуры для получения заданного значения глубины слоя);

- химический состав стали;

- способ алитирования (порошковый, жидкостный или электролизный) и состав насыщающей среды;

- форму, размер детали (шар, цилиндр, параллелепипед) и расположение их в печи;

- время насыщения, температуру проведения процесса и значение плотности тока (при электролизном алитировании);

После ряда вычислений машина выдает информацию о:

- времени нагрева под алитирование t_k , мин;

- времени насыщения τ , ч;

- температуре проведения процесса T , °С;

- глубине алитированного слоя h , мкм;

- процентном соотношении фаз в слое;

- характеристике полученных слоев FeAl и Fe₃Al:

- h_1 и h_2 – глубина слоев FeAl и Fe₃Al соответственно, мкм;

- H_{m1} и H_{m2} – микротвердость слоев FeAl и Fe₃Al соответственно, ГПа;

- db_1 и db_2 – предел прочности слоев FeAl и Fe₃Al соответственно, МПа;

- d_{11} и d_{12} – пределы выносливости слоев FeAl и Fe₃Al соответственно, МПа.

Для проверки правильности работы программы исследования брались образцы из сталей марок: сталь 40, 40Д, 45Х, 38Х2НМ, 40ХФА, 45ХМН и др. Режим химико-термической обработки, вид алитирования, температура и время проведения процесса (при известной глубине слоя) и глубина слоя FeAl и Fe₃Al (при известных значениях времени и температуры насыщения), микротвердость

и некоторые механические свойства были получены при расчете на ЭВМ типа и опытным путем.

Расчетные и экспериментальные данные сопоставлены между собой. Результаты сравнения измерений расчетных и экспериментальных данных составляет не более 7 %, что в пределах нормы.

Список литературы:

1. Иванников Е.В. Компьютерное моделирование термической и химико-термической обработки. Учебное пособие / Е.В. Иванников, И.П. Горбунов, Д.И. Горбунов. Липецк: ЛГТУ, 2002. – 80 с.
2. Михайлов А.Н. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. / А.Н. Михайлов. Москва: Металловедение и термическая обработка металлов – № 7, 1991. – С. 17–28.
3. Металловедение и технология конструкционных материалов. Под ред. Ю.П. Солнцева. Москва: МИСИС, 1996. – 576 с.
4. Алитирование стали. [Электронный ресурс] режим доступа URL: <http://stankiexpert.ru/spravochnik/materialovedenie/alitirovanie-stali.html>.
5. Методы алитирования. [Электронный ресурс] режим доступа URL: https://studbooks.net/750900/tovarovedenie/metody_alitirovaniya.

**МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ
И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКИМ
МОДЕЛИРОВАНИЕМ ПРОЦЕССОВ**

Маслов Борис Владимирович

*магистрант Липецкого государственного технического университета,
РФ, г. Липецк*

Немцева Елена Владимировна

*магистрант Липецкого государственного технического университета,
РФ, г. Липецк*

Шевелёва Анна Константиновна

*магистрант Липецкого государственного технического университета,
РФ, г. Липецк*

Цыганов Игорь Анатольевич

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент
Липецкого государственного технического университета,
РФ, г. Липецк*

**METHODS OF DEVELOPMENT OF MODES OF THERMAL
AND CHEMICAL-THERMAL PROCESSING BY MATHEMATICAL
MODELING OF PROCESSES**

Boris Maslov

*master's student of Lipetsk state technical University,
Russia, Lipetsk*

Elena Nemtseva

*master's student of Lipetsk state technical University,
Russia, Lipetsk*

Anna Sheveleva

*master's student of Lipetsk state technical University,
Russia, Lipetsk*

Igor Tsyganov

*scientific supervisor candidate of technical Sciences, associate Professor
of Lipetsk state technical University,
Russia, Lipetsk*

Аннотация. Разработка режимов термической обработки для улучшения механических, физических и технологических свойств углеродистых сталей осуществлялась математическим моделированием процессов.

Abstract. The development of thermal treatment modes to improve the mechanical, physical and technological properties of carbon steels was carried out by mathematical modeling of processes.

Ключевые слова: термообработка, сталь, математическая модель, расчет, режим, химический состав, структура, размеры деталей, твердость.

Keywords: heat treatment, steel, mathematical model, calculation, regime, chemical composition, structure, dimensions of parts, hardness.

Для разработки математических моделей использованы положения теории фазовых превращений и физики прочности сплавов, результаты экспериментальных исследований закономерностей формирования структуры и свойств сталей при термической и химико-термической обработке.

Разработано математическое описание влияния химических элементов на критические точки фазовых превращений в конструкционных сталях. Разработана математическая модель нагрева деталей в промышленных печах, учитывающая массу заготовки, размеры и форму деталей.

Предложены принципы автоматизированного проектирования режимов операций закалки и отпуска конструкционных сталей.

В качестве входной используется следующая информация: химический состав сталей, размеры и форма деталей, расположение деталей в печи, требуемая структура и твердость стали. Выходными данными являются параметры термообработки T_n и T_b во время нагрева под закалку, закалочная среда, T_n отпуск и $\tau_{\text{выдотпуск}}$.

Разработана математическая модель диффузии углерода при газовой цементации сталей, учитывающая исходный химический состав стали, углеродный потенциал и скорость перемещения насыщающей среды,

температуру цементации. Разработана математическая модель, устанавливающая связь распределения углерода в диффузионном слое и содержащихся в стали легирующих элементов с распределением твердости по глубине диффузионного слоя до и после заключительной операции термообработки (закалка и низкий отпуск).

Предложены алгоритмы автоматизированного расчета режимов газовой цементации конструкционных сталей, обеспечивающих получение необходимой глубины цементованного слоя, заданной твердости на поверхности и в сердцевине изделия.

Входными параметрами расчета режимов и операций газовой цементации конструкционных сталей являются: химический состав стали, углеродный потенциал насыщающей среды, размеры и форма деталей, расположение деталей в печи, требуемая глубина диффузионного слоя, твердость поверхности и сердцевины детали. Выходными данными являются параметры термообработки цементации: $T_{ц}$ и $\tau_{ц}$, $T_{н2}$ и $\tau_{выд}$ при последующем нагреве цементованных деталей под закалку, охлаждающая среда, $T_{отп}$ и $\tau_{выдоп}$.

График термообработки, поверхностная твердость, положение критических точек A_1 и A_3 критических точек, до и после газовой цементации были рассчитаны на ЭВМ. С помощью математического моделирования на ЭВМ изучено влияние различных факторов на процесс газовой цементации стали, являющейся наиболее распространенным процессом химико-термической обработки.

Вопросы совершенствования технологии термообработки стальных изделий – это по существу вопросы повышения качества машин и аппаратов современной техники.

Математическое моделирование позволяет разработать технологию термической обработки с минимальными затратами.

Конечной целью работы по созданию технологии термообработки является создание системы автоматизированного проектирования режимов термической обработки и химико-термической обработки низко и средне-легированных конструкционных сталей.

Управление макро и микроструктурой, происходит при разработке оптимальных технологий базирующихся на математических моделях фазовых и структурных изменениях происходящих при термообработке стали.

Разработка математических моделей требует рассмотрения превращений происходящих при термической обработке и химико-термической обработке сталей, а также при нагреве, выдержке, закалке и отпуске.

Температура нагрева под закалку для большинства сталей определяется положением критических точек A_1 и A_3 . Для углеродистых сталей температура закалки может быть определена по диаграмме железо-углерод.

Доэвтектоидные стали нагревают до температуры на 30–50 °С выше точки A_3 [1, с. 9–12]. В этом случае сталь с исходной структурой перлит плюс феррит при нагреве приобретает аустенитную структуру, которая при последующем охлаждении со скоростью выше критической превращается в мартенсит.

Температура закалки для углеродистых заэвтектоидных сталей составляет $A_{см}$ плюс 50–70 °С, а повышение температуры выше этой температуры увеличивает размер зерна, что приводит затем снижает предел прочности. Интервал изменения температур закалки для большинства заэвтектоидных сталей невелик (15–20 °С) [1, с. 10].

Если для заэвтектоидных сталей в огромном большинстве случаев превышение указанных температур недопустимо в силу отмеченных причин, то для доэвтектоидных сталей в ряде случаев применяется “высокая закалка”, т. е. закалка от температур, превышающих A_3 более, чем на 30–50 °С

Действительно перегрев (не очень значительный) наследственно мелкозернистой стали выше A_3 не вызовет роста зерна, тогда как более высокой закалкой можно достигнуть гомогенизации твердого раствора (а отсюда повышение механических свойств), углубления закалки и других желательных результатов. Однако, перегрев при закалке допустим лишь для наследственно-мелкозернистых сталей. В наследственно-крупнозернистой стали перегрев приводит к росту зерна, а в связи с этим и к увеличению внутренних напряжений [1, с. 11].

В среднелегированных сталях, получающийся в результате закалки и отпуска низколегированный легированный феррит в сочетании с низколегированными и поэтому более крупными частицами карбидов понижает механические свойства [1, с. 9–12].

Температура закалки легированных конструкционных сталей также определяется положением критических точек A_1 и A_3 , определяемых при помощи диатермического метода, методом закалки или другим путем.

Зная значение критических точек, температуру закалки выбирали по правилу:

для доэвтектоидной стали

$$t_{\text{зак}} = A_3 + (30-50) \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1)$$

для заэвтектоидной стали

$$t_{\text{зак}} = A_1 + (50-70) \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2)$$

Для высоколегированной стали, а также для некоторых специальных случаев термической обработки малолегированных сталей температура закалки определяется требованиями получения определенной структуры или свойства закаленной стали.

Добавка в сталь дополнительно легирующие элементы изменяет температурные границы протекания процессов фазовых превращений при нагревании. Легирующие элементы вызывают в основном сдвиг критических точек по температуре по отношению к их положению. на диаграмме Fe–Fe₃C.

Не карбидообразующие элементы (Ni, Co, Mn, Cu) их понижают, а карбидообразующие (Cr, Mo, W, V, Si, Ti, Al, B, Nb, Zr) повышают критические толчки.

Если сталь содержит элементы с противоположным влиянием на критические точки, то конечный эффект зависит от количественного соотношения элементов.

Сдвигаются критические точки не только по температуре, но и по концентрации химических элементов. Легирующие элементы Cr, Mo, W, Si, Ni)

снижают содержание углерода в эвтектоиде, и сдвигают эвтектоидную точку в сторону меньших концентраций.

Нагрев стали до заданной температуры желательно проводить быстро, т. к. это увеличивает производительность нагревательных устройств, а следовательно уменьшает количество и размер печей и другого оборудования, требующихся для выполнения заданной программы, уменьшает количество требуемой рабочей силы и т. д.

Для практического проведения того или иного вида термической обработки нужен не только нагрев до необходимой температуры, но и нужна выдержка для окончания превращений.

Общее время пребывания изделий в печи складывается из двух величин:

$$t_{\text{общ}} = t_{\text{н}} + t_{\text{в}} \quad (3)$$

Первый член определяется способом нагрева, свойствами материала, размерами и формой изделия; второй – скоростью превращений на достигнутой температуре.

Обработка холодом применима к сталям, температура точки M_k которых находится ниже комнатной температуры, и у которых содержится большое количество остаточного аустенита (более 20 %) после закалки. Глубокое охлаждение проводят с целью повышения твердости, режущих свойств, износостойкости в термически улучшенном состоянии, а иногда для исключения распада очень стабильного остаточного аустенита вплоть до охлаждения с температуры отпуска, иногда в процессе эксплуатации. Целесообразность такого дорогого вида необходимо, прежде всего, проанализировать с экономической точки зрения.

Температура обработки холодом не должна быть значительно ниже, чем температура M_k , с тем, чтобы не возникали избыточные термические напряжения. По этой же причине стали обычно не подвергают обработке холодом с температуры аустенизации.

Для предупреждения стабилизации остаточного аустенита обработку холодом стали проводят сразу же после закалки, а устройство для криогенной обработки устанавливают в закалочной линии между участками закалки и отпуска. В том случае, когда существует опасность задержки обработки холодом закаленной стали перед ее отпуском и стабилизации аустенита, ее можно заменить ступенчатой закалкой в сочетании с обработкой холодом. Но это повышает хрупкость закаленной стали вследствие меньшего содержания остаточного аустенита в закаленной стали и отсутствия самоотпуска мартенсита при закалке.

Скорость охлаждения после отпуска, как правило, не лимитируется. Обычно изделия охлаждаются на воздухе.

Быстрое охлаждение после отпуска применяют лишь для предотвращения развития отпускной хрупкости второго рода. Развитие отпускной хрупкости для многих сталей подавляется при охлаждении в масле.

На этапе математического описания задачи "Закалка – отпуск" были сформулированы задачи и круг решаемых вопросов, математическое обозначение всех переменных; осуществлена запись уравнений задачи, описывающих физические процессы, определены ограничения на условия задачи, выявлены исходные и искомые величины.

Критические точки A_1 и A_3 , а также содержание углерода в эвтектоиде легированной стали S зависят от содержания легирующих элементов в стали. На температуру нагрева, время нагрева и время выдержки также влияет среда и размеры изделий.

Охлаждающую среду определяли сравнивая диаметр образца с критическим диаметром закалки. При определении температуры обработки холодом исходили из условия что содержание $A_{ост}$ не должно превышать 15–20 %, а если более то обработка холодом целесообразна ниже точки конца мартенситного превращения M_k .

Моделирование газовой цементации осуществляли на изделиях из сталей, в которых исходное содержание углерода не превышает 0,25 %. Цементованные

изделия приобретают улучшенные свойства после правильной закалки и последующего отпуска. Термическая обработка цементованных изделий имеет ряд характерных особенностей. Продолжительный нагрев при цементации способствует значительному росту зерна. Термическая обработка должна исправить этот дефект цементации.

Математическое моделирование технологических процессов цементации выполняли в две стадии. На первой стадии разрабатывали математическую модель, на второй проводили её исследование с целью решения тех или иных технологических задач [2, с. 70–72].

Математические модели технологии газовой цементации были реализованы в виде программы под названием "CEMENT.EXE", предназначенной для определения режимов цементации и последующей термообработки цементованных сталей [3, с. 124–127].

Разработанная математическая модель нагрева деталей в промышленных печах, учитывает массу садки, размеры и форму деталей.

Список литературы:

1. Иванников Е.В. Компьютерное моделирование термической и химико-термической обработки: учеб. пособие. [Текст] / Е.В. Иванников, И.П. Горбунов, Д.И. Горбунов. – Липецк: ЛГТУ, 2002. 80 с.
2. Горбунов И.П. Расчет технологического процесса цементации и термообработки: в книге: Физическое металловедение. Сборник научных трудов. [Текст] / И.П. Горбунов, Липецк: Издательство ЛЭГИ, 2000. С. 70–75.
3. Горбунов И.П. Моделирование технологии процессов термообработки стали в металлургии: в сборнике: Современная металлургия нового тысячелетия сборник научных трудов II международной научно-практической конференции. [Текст] / И.П. Горбунов, И.А. Цыганов, Д.И. Горбунов. – Липецк: ЛГТУ, 2016. С. 124–127.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕМЕНТАЦИИ СТАЛИ

Немцева Елена Владимировна

магистрант

*Липецкого государственного технического университета,
РФ, г. Липецк*

Коваленко Ирина Анатольевна

научный руководитель, канд. техн. наук, доцент

*Липецкого государственного технического университета,
РФ, г. Липецк*

Для расчета параметров слоя после диффузионного газовой цементации стали при заданных параметрах технологического процесса газовой цементации разработана математическая модель режима газовой цементации стали, получены уравнения зависимости толщины слоя от совокупности исходных данных. С помощью математического моделирования на ЭВМ изучено влияние различных факторов на процесс газовой цементации стали, являющейся наиболее распространенным процессом химико-термической обработки [1, с. 37–78], [2, с. 70–75], [3, с 17–28].

В современном машиностроении для повышения долговечности деталей широко используется газовая цементация.

Для полного химико-термического расчета процесса диффузионного насыщения надо знать теплоту хемосорбции и десорбции насыщающих веществ и продуктов реакции; характер изменения концентрации с увеличением степени заполнения поверхности; энергию активации хемосорбции веществ, находящихся в реакционном объеме; теплоту образования термодинамически возможных фаз и ряд других констант. Поэтому в настоящее время нет полной математической модели процесса химико-термической обработки, в которой учитывались бы все перечисленные явления. Для газовой цементации стали измеренных констант достаточно, чтобы связать диффузионные характеристики, активность среды и распределение углерода по диффузионной зоне, т. е. создать в первом приближении математическую модель для управления процессом.

Концентрация углерода на поверхности и характер его распределения по глубине слоя определяют усталостную прочность, прочность при изгибе, контактную выносливость и износостойкость цементованных и термически обработанных деталей.

Для стационарного потока в направлении диффузии количество диффундирующего вещества q , переходящее за единицу времени через единицу площади, пропорционально градиенту концентрации (первый закон Фика)

$$q = -D \times \partial C / \partial x \quad (1)$$

где: C – концентрация диффундирующего вещества;

x – координата.

Для нестационарного потока справедлив второй закон Фика – уравнение для скорости изменения концентрации в определенной точке сечения

$$\partial C / \partial \tau = \partial^2 C / \partial x^2 \quad (2)$$

При химико-термической обработке в большинстве случаев диффузионный слой много меньше сечения изделия, поэтому уравнение (2) решаем для полубесконечного твердого тела, простиравшегося от $x = 0$ до $x = \infty$. Если коэффициент диффузии не зависит от концентрации и концентрация на поверхности не меняется, то решение уравнения (2) имеет вид

$$C_{(x,\tau)} = C_0 \operatorname{erfc} x / (2 \times \sqrt{D \times \tau}), \quad (3)$$

где: $\operatorname{erfc}(x)$ трансцендентная функция

$$\operatorname{erfc}(x) = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \times \int_0^x e^{-u^2} du. \quad (4)$$

Температурная зависимость коэффициента диффузии выражается уравнением

$$D = D_0 e^{(-E/RT)} \quad (5)$$

где: D – множитель перед экспонентой

E – энергия активации диффузии, кал/г. атом;

R – газовая постоянная (≈ 2 кал/г. атом);

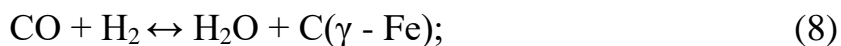
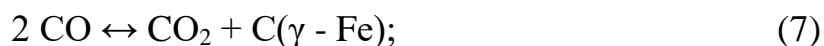
T – температура, К.

Решение усложняется, если коэффициент диффузии зависит от концентрации углерода в аустените(% массы С)

$$D = (0,04 + 0,08 \times C) e^{-31350/RT} \quad (6)$$

Для газовой цементации стали наиболее распространена эндотермическая атмосфера, позволяющая регулировать углеродный потенциал. Ее получают путем крекирования природного газа в генераторах с большим недостатком воздуха (коэффициент избытка воздуха $\alpha = 0,25$). Эта реакция идет с поглощением тепла, поэтому атмосфера называется эндотермической. Ее средний состав: 20% СО, 40% Н₂, ~40% N₂, не более 1% СО₂; не более 1,5% СН₄; 0,1–2% Н₂О. Изменяя коэффициент избытка воздуха α , можно подбирать условия равновесия и создавать атмосферу с требуемым углеродным потенциалом. Состав ее регулируют с помощью датчиков, регистрирующих содержание Н₂О (или СО₂) в печной атмосфере, и системы управления соотношением воздуха и газа, поступавших в камеру крекирования.

Эндотермическая атмосфера имеет низкую науглероживающую способность. Для повышения углеродного потенциала к ней добавляют 5–10% городского газа, содержащего в основном СН₄. Выделение углерода при цементации в такой смеси происходит по следующим реакциям



Видно, что СО и СН₄ являются науглероживающими металл компонентами газовой смеси, а СО₂ и пары воды – обезуглероживающими компонентами. Водород играет двойную роль: с одной стороны, он способствует науглероживанию (реакция (8)), а с другой – тормозит распад СН₄, реакция (9). Таким образом, эта атмосфера (в зависимости от соотношения парциальных

давлений ее компонентов) может быть по отношению к стали данного состава равновесной, науглероживающей или обезуглероживающей.

Из условия равновесия реакций (7) – (9), заменив парциальное давление углерода в газовой фазе и металле термодинамической активностью α_c , получим

$$K_1 = (P_{CO_2}/P_{CO}^2) \times \alpha_c; \quad (10)$$

$$K_2 = (P_{H_2O}/(P_{CO} \times P_{H_2})) \times \alpha_c; \quad (11)$$

$$K_3 = (P_{H_2}^2/P_{CH_4}) \times \alpha_c, \quad (12)$$

где: K_1, K_2, K_3 – константы равновесия реакций (7), (8), (9);

P – парциальное давление соответствующих газов в безразмерном виде (отнесено к стандартному состоянию (2 атм));

α_c – активность углерода в газовой фазе.

Из (10) следует, что

$$\alpha_c = K_1 \times (P_{CO}^2/P_{CO_2}). \quad (13)$$

Способность атмосферы к науглероживанию увеличивается как квадрат парциального давления CO (науглероживающего компонента) и уменьшается линейно с ростом парциального давления CO₂ (обезуглероживающего компонента).

По условию равновесия активности углерода в атмосфере α_c и металле α_c^{\wedge} равны

$$\alpha_c = \alpha_c^{\wedge} = K_1 \times (P_{CO}^2/P_{CO_2}) \quad (14)$$

Активность и содержание углерода в аустените объединены

$$\alpha_c = \gamma_c \times A \times C'_c \quad (15)$$

где: α_c – активность углерода;

C'_c – содержание углерода в аустените в %(массы);

γ_c – активность углерода в аустените;

$A \approx 4,67 \times 10^{-2}$ – перевод весовых процентов в атомные доли, тогда

$$C'_c = (1/\gamma_c \times A) \times K_1 \times (P_{CO}^2/P_{CO_2}). \quad (16)$$

Чтобы найти парциальные, давления P_{CO} и P_{CO_2} в газовой среде, содержащей CO , CO_2 , CH_4 и H_2 , следует учитывать условия равновесия частных систем ($CO - CO_2$ и $CH_4 - H_2$), равенство активностей углерода в них, т.е.

$$\alpha_c = K_1 \times (P_{CO}^2/P_{CO_2}) = K_2 \times (P_{CH_4}/P_{H_2}^2) \quad (17)$$

Углеродный потенциал определяет характер взаимодействия атмосферы с металлом. Науглероживание металла идет, пока углеродный потенциал атмосферы выше концентрации углерода в цементируемых деталях. Скорость перехода углерода из газовой среды ограничена, и содержание углерода на поверхности стали изменяется постоянно, асимптотически приближаясь к состоянию равновесия поверхности с окружающей средой.

При ограниченной скорости подачи количество элемента d_m , поступающего из газа на поверхность изделий, пропорционально разности равновесному содержанию на поверхности $C_{(0,\infty)}$, содержанию в данный момент $C_{(0,\tau)}$, площади поперечного сечения F и времени диффузии

$$d_m = \beta \times [C_{(0,\infty)} - C_{(0,\tau)}] \times F \times d\tau \quad (18)$$

где: β – коэффициент скорости передачи элемента от окружающей среды к поверхности детали. Если выразить m в граммах, F – в $см^2$, τ – в секундах и C – в $г/см^3$, то размерность β – в $см/с$.

Если концентрация углерода – в процентах массы, то используют величину $\beta' = 0,078 \times \beta$ [$г/(см^2 \times с \times \%C)$], показывающую, сколько углерода выделяется в единицу времени на поверхности металла площадью $1 см^2$ при разности между углеродным потенциалом атмосферы и концентрацией в металле, равной 1% массы.

Если концентрация углерода не превышает предела его растворимости в аустените, то (с учетом конечной скорости поглощения) изменение относительной концентрации

$$Q_{(x,\tau)} = (C_x - C_{исх}) / (C_{пред} - C_{исх})$$

в исходном материале описывается следующим уравнением

$$Q_{(x,\tau)} = (C_{x,\tau} - C_{исх}) / (C_{пред} - C_{исх}) = \\ = \operatorname{erfc}[x / (2\sqrt{D\tau})] - \{e^{\alpha^2 D\tau + \alpha x} \times [\operatorname{erfc}(x / (2\sqrt{D\tau}) + \alpha\sqrt{D\tau})]\} \quad (19)$$

где: $\alpha = \beta/D$ см⁻¹ относительный коэффициент передачи.

При $\beta \rightarrow \infty$ уравнение (19) переходит в уравнение (3).

Решение уравнения (19) может быть представлено в безразмерном виде через критерий Био $Bi = \alpha \times x$ и критерий Тихонова Ti

$$Ti = \alpha\sqrt{D\tau} = Bi\sqrt{F_0}; \quad Q_{(x,\tau)} = \operatorname{erfc}(Bi/2Ti) - e^{Ti^2} \times \operatorname{erfc}[(Bi/2Ti) + Ti] \quad (20)$$

На поверхности изделий, т. е. при $x = 0$

$$Q_{нов} = Q_{0,\tau} = 1 - e^{-Ti^2} \times \operatorname{erfc}(Ti) \quad (21)$$

Концентрация углерода C определяется только критерием Тихонова – соотношением между коэффициентами передачи и диффузии. Коэффициент, характеризующий скорость взаимодействия атмосферы с металлом, практически не зависит от температуры (лимитирует не скорость химических реакций, а скорость подвода в отвода реагирующих веществ), но зависит от линейной скорости W (м/с) омывающего потока газа. При $W > 0,2$ м/с

$$\beta' = [0,25 + 0,63(W - 0,2)^{0,66}] \times 10^{-6} \text{ г/см}^2 \times \text{с} \times \%C \quad (22)$$

При увеличении скорости движения газа в печи от 0,2 до 3,2 м/с β' растет от $0,25 \times 10^{-6}$ до $1,56 \times 10^{-6}$ г/см² × с × %С. В практике газовой цементации стали скорость движения газа в печах обычно 1,3–1,5 м/с.

Распределение углерода по сечению диффузионной фазы находили решением уравнения (2). Оно привело к выражению (19) при следующих условиях:

- 1) глубина образующегося диффузионного слоя значительно меньше половины толщины детали (диффузия в полубесконечное пространство);
- 2) коэффициент диффузии D не зависит от концентрации углерода;
- 3) скорость подачи углерода к поверхности зависит от состава поверхностного слоя металла, углеродного потенциала атмосферы в скорости движения потока

$$Q_{нов} = f(\tau) = 1 - [e^{Ti} \times \operatorname{erfc}(Ti)]$$

С учетом приведенных выше ограничений, полная математическая модель процесса газовой цементации выражается следующей системой дифференциальных уравнений

$$\frac{\partial \tilde{N}(x\tau)}{\partial t} = D \times \frac{\partial^2 \tilde{N}(x, \tau)}{\partial x^2} \quad \text{при } \tau > 0, x > 0; \quad (23)$$

$$C(x, 0) = C_0 \quad \text{при } x \geq 0; \quad (24)$$

$$-D \times \frac{\partial \tilde{N}(x\tau)}{\partial x} = \beta \times [C_{атм} - C_{(0,\tau)}] \quad \text{при } \tau > 0; \quad (25)$$

$$C_{(\infty,\tau)} = C_0; \quad \frac{\alpha \times C_{(\infty,\tau)}}{\partial x} = 0,$$

где: C – концентрация углерода, % (по массе);

C_0 – начальная концентрация углерода в стали, % (по массе);

$C_{атм}$ – углеродный потенциал атмосферы, % C;

τ – время, с;

D – коэффициент диффузии углерода в аустените, $\text{см}^2/\text{с}$;

x – координата в направлении, перпендикулярном поверхности, см;

β – коэффициент перехода углерода из газа в металл, $\text{см}/\text{с}$;

(23) – дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности (2-й закон Фика), описывает изменение распределения углерода в диффузионном слое;

(24) – начальное условие – это функция распределения углерода в стали при $t = 0$. Обычно $C_0 = \text{const}$ – начальное содержание углерода в стали;

(25) – граничное условие II рода, выражающее закон взаимодействия атмосферы с поверхностью металла.

Решение уравнения (19), системы уравнений (23–25) позволяет рассчитать процесс цементации, т. е. решить две задачи:

а) определить распределение углерода в слое по известным технологическим параметрам процесса (температура, время, состав атмосферы) и известным константам (коэффициент диффузии и коэффициент перехода углерода);

б) моделирование процесса газовой цементации подобрать технологические параметры процесса (температуру, время, состав атмосферы) для получения заданного профиля распределения углерода в слое по известным константам (D и β).

При этих условиях отпадает необходимость численного интегрирования уравнения (2) и задача решается на ЭВМ путем последовательного расчета аналитического выражения (20). Из рассчитанной в уравнении (20) безразмерной концентрации $Q_{(x,\tau)}$ можно легко найти концентрацию $C_{(x,\tau)}$

$$C(x, \tau) = Q_{(x, \tau)} \times [C_{\text{пред}} - C_{\text{исх}}] + C_{\text{исх}}, \quad (26)$$

где: $C_{\text{исх}}$ – исходная концентрация углерода в стали ($C_{\text{исх}} = C_0$);

$C_{\text{пред}}$ – максимально возможная при данных условиях насыщения концентрация, равная углеродному потенциалу атмосферы $C_{\text{пред}} = C_{\text{атм}}$.

Предложенная программа рассчитывает концентрационный профиль углерода (концентрацию на различном удалении от поверхности) в последовательные моменты времени. Для каждого варианта вводятся данные – температура t °С, начальная концентрация C_0 , углеродный потенциал атмосферы $C_{\text{атм}}$, скорость газового потока W . Для каждого момента времени τ и координаты x вычисляются:

значения критериев Bi и Ti . $Bi = \beta'(x/D)$; $Ti = \beta' \sqrt{(\tau/D)}$;

значения функций $erfc(Bi/2 Ti)$ и $erfc[(Bi/2 Ti) + Ti]$,

а затем значения Q по (20) и $C_{(x,\tau)}$ по (26). Для каждого момента времени $\tau = 1...10$ ч значения концентрации рассчитываются на расстояниях от поверхности $x = 0...0,21$ см с шагом $x = 0,03$ см.

Для понимания алгоритма вычисления функции необходимо заметить следующее. В функцию $erfc(u)$ входит интеграл, зависящий от верхнего предела

$$erfc(u) = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \times \int_0^u \exp(-v^2) dv \quad (27)$$

На каждом шаге расчета необходимо численное интегрирование функции $\exp(-v^2)$. Эта процедура будет занимать основное время ее можно избежать, заменяя непосредственное интегрирование расчетом какой-либо аппроксимирующей функции, дающей с достаточной точностью значение интеграла. В настоящей работе используется одна из таких аппроксимаций

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}} \times \int_0^u \exp(-v^2) dv = 1 - (a_1 Z + a_2 Z^2 + a_3 Z^3 + a_4 Z^4 + a_5 Z^5) e^{-u^2}, \quad (28)$$

где: $Z = 1/(1+a_n \times u)$.

Константы $a_0 - a_5$ равны: $a_0 = 0,3276$; $a_1 = 0,2548$; $a_2 = -0,2845$; $a_3 = 1,4214$; $a_4 = -1,4532$; $a_5 = 1,0614$.

Эта аппроксимация обеспечивает точность вычисления интеграла (см. формулу (28)) $\Delta = 1,5 \times 10^{-7}$. Обозначим выражение, стоящее в правой части равенства (28) в круглых скобках, через $\varphi(u)$, тогда из части равенства (27) следует

$$erfc(u) = 1 - [1 - \varphi(u) \times e^{-u^2}] = \varphi(u) \times e^{-u^2}. \quad (29)$$

Подставив (29) в (20), получим

$$Q_{(x,\tau)} = \varphi \left[\left(\frac{Bi}{2Ti} \right) \times e^{-\left(\frac{Bi}{2Ti} \right)^2} \right] - \left[e^{\pi^2 + Bi} \times \varphi \left(\frac{Bi}{2Ti} + Ti \right) \times e^{-\left(\frac{Bi}{2Ti} + Ti \right)^2} \right]$$

и после преобразований получим (30)

$$Q_{(x,\tau)} = \left[\varphi \left(\frac{Bi}{2Ti} \right) - \varphi \left(\frac{Bi}{2Ti} + Ti \right) \right] \times e^{-\left(\frac{Bi}{2Ti} \right)^2}. \quad (30)$$

Именно выражение (30) и рассчитывается в программе.

Образцы после цементации при 950° С закаливались после подстуживания до 850° С в воде. Твердость образцов после термообработки измеряли на приборе Роквелла по шкале HRC_с. Рассчитывали на ЭВМ по разработанной программе CEMENTIR концентрацию углерода в зависимости от расстояния от поверхности и времени цементации $C(x,t)$. Строили зависимости глубины цементованного слоя от параметров проведения процесса. За глубину слоя принимали слой с содержанием более 0,4% С.

Данные расчета и эксперимента о влиянии различных факторов на процесс газовой цементации стали отличаются не более чем на 7–10%.

Список литературы:

1. Иванников Е.В. Компьютерное моделирование термической и химико-термической обработки. Учебное пособие / Е.В. Иванников, И.П. Горбунов, Д.И. Горбунов. Липецк: ЛГТУ, 2002. – 80 с.
2. Михайлов А.Н. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. / А.Н. Михайлов. Москва: Металловедение и термическая обработка металлов – № 7, 1991. – С. 17–28.
3. Горбунов И.П. Расчет технологического процесса цементации и термообработки. В книге: Физическое металловедение. Сборник научных трудов / И.П. Горбунов. Липецк: Издательство ЛЭГИ, 1999. – С. 70–75.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ
МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ» НАПРАВЛЕНИЕ 130302
НА ТЕМУ: «ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА АТМЕГА328
ДЛЯ СХЕМЫ РЕВЕРСА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ»**

Садков Кирилл Олегович

*студент, Армавирский механико-технологический институт, (филиал)
Кубанского Государственного Технологического Университета,
РФ, г. Армавир*

Моногаров Сергей Иванович

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент
Армавирский механико-технологический институт, (филиал)
Кубанского Государственного Технологического Университета,
РФ, г. Армавир*

**LABORATORY WORK ON THE DISCIPLINE "FUNDAMENTALS
OF MICROPROCESSOR TECHNOLOGY" DIRECTION 130302
ON THE TOPIC: "APPLICATION OF THE MICROCONTROLLER
ATMEGA328 FOR THE MOTOR REVERSER CIRCUIT"**

Kirill Sadkov

*student, Armavir Mechanical and Technological Institute, (branch)
of the Kuban State Technological University,
Russia, Armavir*

Sergey Monogarov

*scientific adviser, candidate of engineering sciences, associate professor
in Armavir Mechanical and Technological Institute, (branch)
of Kuban State Technological University,
Russia, Armavir*

Аннотация. В настоящее время применение различных микроконтроллеров в схемах автоматизации производства приобретает повсеместный характер. Однако сложность языков программирования и большая цена блоков управления ограничивает студентов в их изучении. В данной статье рассмотрен пример изучения схемы автоматизации с применением микроконтроллера АТmega328, который во многом по своим характеристикам подобен своим промышленным аналогам, но значительно меньше по себестоимости.

Abstract. Currently, the use of various microcontrollers in the schemes of automation of production is becoming ubiquitous. However, the complexity of programming languages and the large price of control units restricts students in their study. In this article, an example of studying the automation scheme using the ATmega328 microcontroller is considered, which in many respects is similar in its characteristics to its industrial counterparts, but much less at cost.

Ключевые слова: автоматизация; микроконтроллер; ATmega328; реверсивный пускатель; реле; электродвигатель.

Keywords: automation; microcontroller; ATmega328; reversing starter; relay; electric motor.

Обучение студентов энергетиков направления 13.03.02 программированию микропроцессорной техники проще всего начать со схемы уже известной им, а именно со схемы релейно-контакторной логики реверсивного пускателя. Это обеспечит преемственность в изучении предметов и приведет аналог реализации принципа работы электромеханического аппарата при помощи современной цифровой электроники.

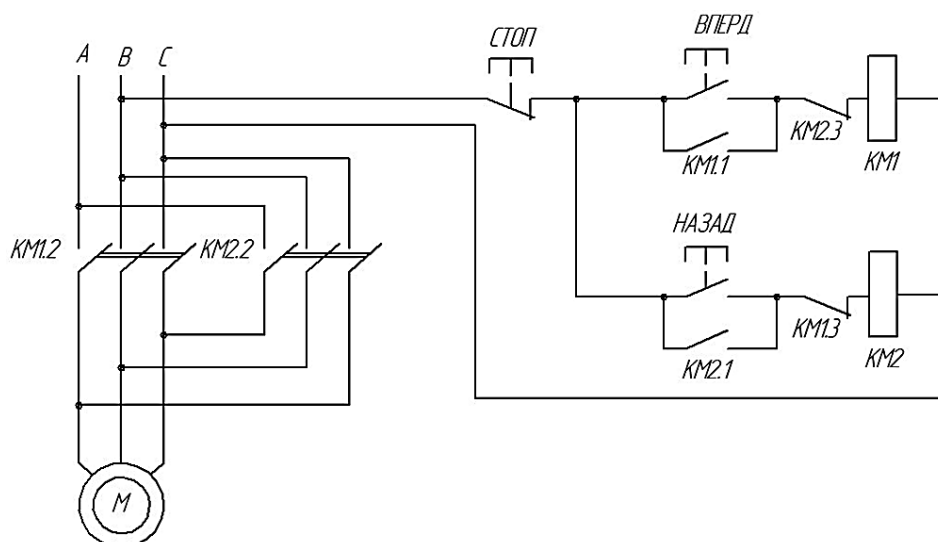


Рисунок 1. Схема реверсивного пускателя

Цель работы: изучение микроконтроллера ATmega 328, на примере его использования для схемы реверсивного пускателя.

В схеме применяются следующие компоненты:

- плата Arduino Uno
- плата для сборки Breadboard
- провода (типа “папа-папа” и “папа-мама”)
- тактовая кнопка 3 шт.
- резистор (10кОм) 3шт.
- сборная плата реле
- аккумуляторная батарея 7,5 В
- автоматический выключатель на 3 фазы
- двигатель трехфазный

В лабораторной работе используется плата Arduino Uno. Данная плата построена на основе микроконтроллера ATmega328. У платформы имеет 14 цифровых выводов, которые могут использоваться как для передачи, так и для приема сигнала (так же из 6 них могут использоваться как ШИМ выходы), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопка перезагрузки. Для работы платформу необходимо подключить к внешнему источнику питания посредством кабеля USB, либо использовать AC/DC адаптер или аккумуляторную батарею.

Таблица 1.

Характеристики платы Arduino Uno

Микроконтроллер	ATmega328
Рабочее напряжение	5 В
Рекомендуемое входное напряжение	7-12 В
Предельное выходное напряжение	6-20 В
Цифровые Входы/Выходы	14 (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ)
Аналоговые выходы	6
Постоянный ток через вход/выход	40 мА
Постоянный ток для вывода 3.3 В	50 мА
Внутренняя память	32 Кб из которых 0.5 Кб используются для загрузчика
ОЗУ	2 Кб
EEPROM	1 Кб
Тактовая частота	16 МГц

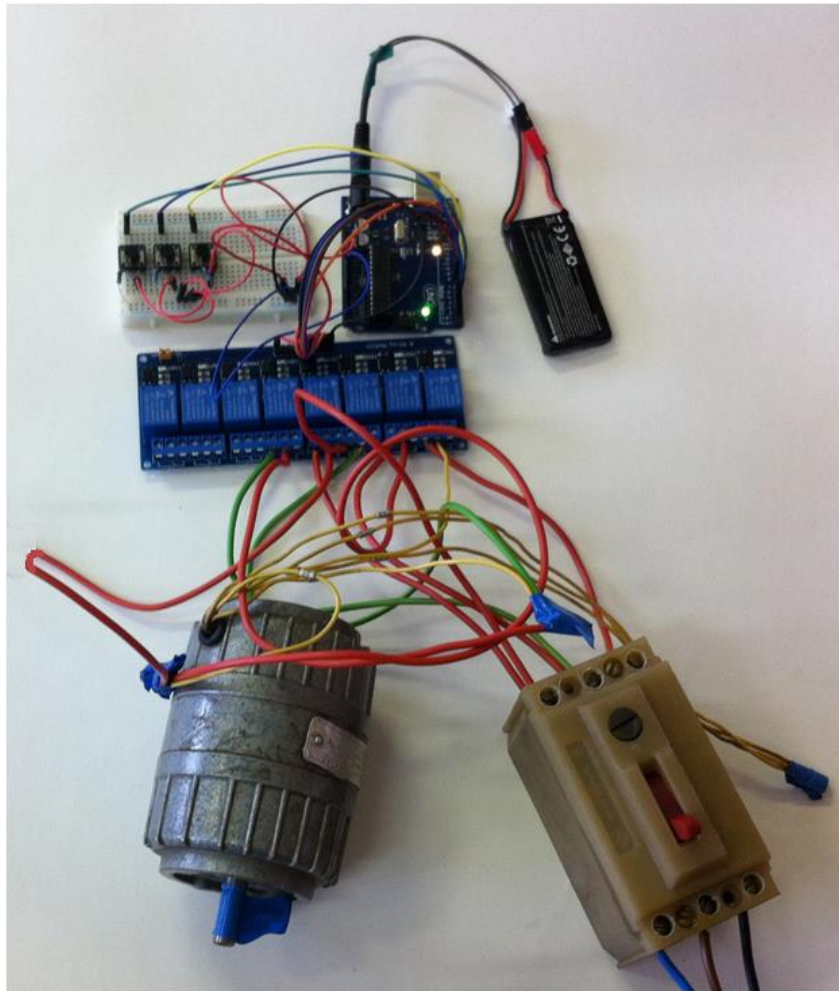


Рисунок 2. Схема реверсивного пускателя, управляемая платой Arduino Uno

Для создания силовой части схемы реверса используется блок реле. Он собран на отдельной плате и состоит из восьми магнитных реле (имеющих нормально-замкнутые и нормально-разомкнутые контакты), выводов для их управления и двух силовых выводов (12 В и ноль), предназначенных для питания катушек реле. Двигатель подключён по схеме «звезда».

В установке задействовано пять. Реле №1 применяется для подключения фазы А, реле по номерами 2-3 и 4-5 используются попарно для переключения двух оставшихся обмоток двигателя между фазами В и С. При включении реле под номерами 1,2,3 порядок фаз будет соответственно А, В, С и двигатель будет вращаться по часовой стрелке. При задействовании реле под номерами 1, 3, 5 порядок фаз: А, С, В. Как результат вращение против часовой стрелки.

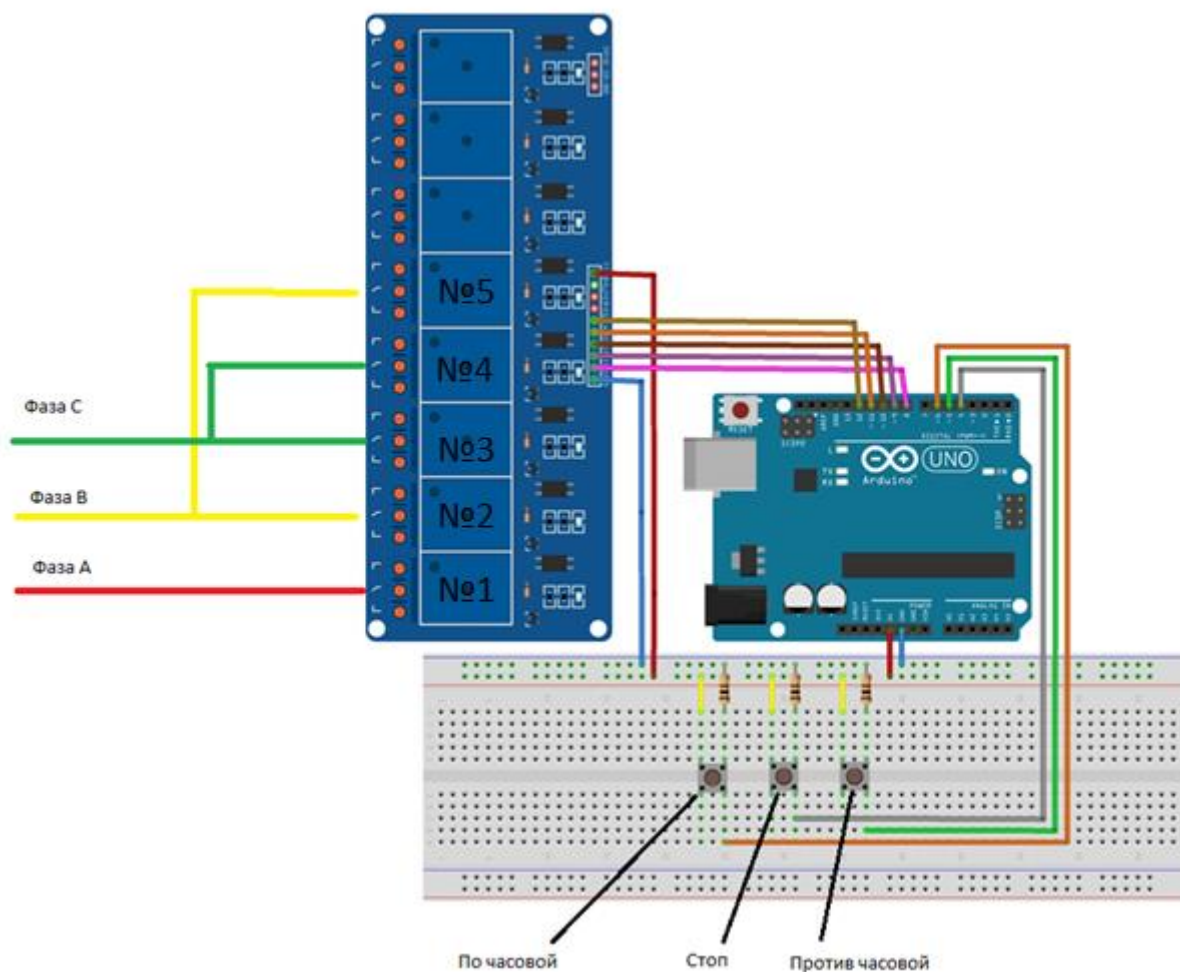


Рисунок 3. Монтажная схема установки

Нетрудно заметить, что при случайном подключении всех реле произойдет короткое замыкание. В «классической схеме» реверса используются нормально-замкнутые контакт магнитных пускателей для реализации механической защиты от одновременного включения. В рассматриваемой нами схеме защита была реализована в программном коде путем введения дополнительной переменной. Этой переменной, при включении одного из режимов, присваивается значение отличное от нуля что не позволяет включить другой режим. При отключении, путем нажатия кнопки «Стоп», переменная обнуляется.

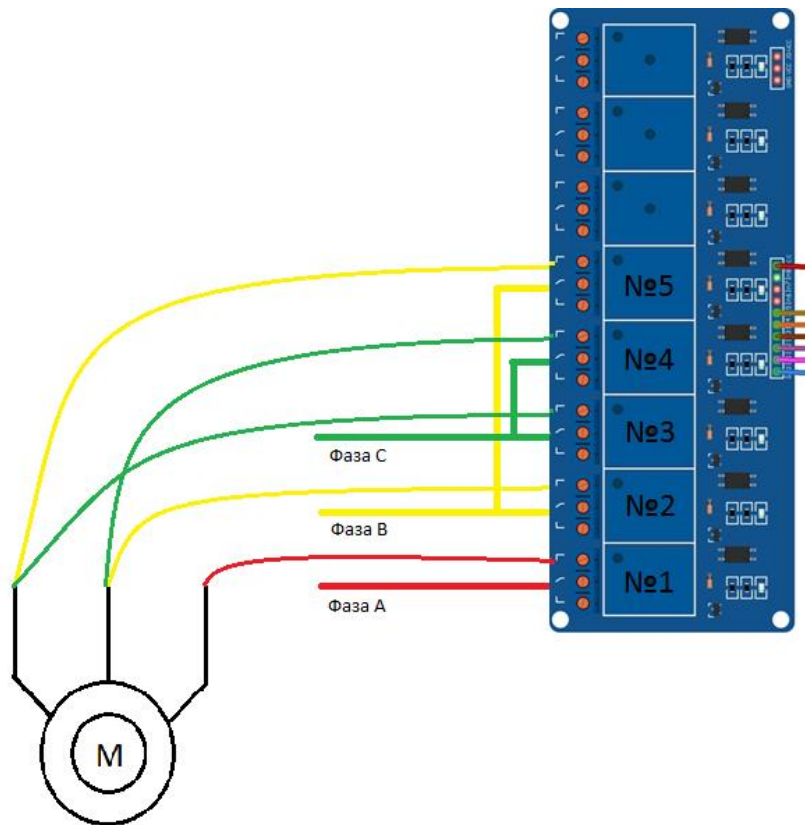


Рисунок 4. Схема подключения двигателя

Код программы управления:

```

int in1 = 8; «вывод реле 1 на вывод 8»
int in2 = 9; «вывод реле 2 на вывод 9»
int in3 = 10; «вывод реле 3 на вывод 10»
int in4 = 11; «вывод реле 4 на вывод 11»
int in5 = 12; «вывод реле 5 на вывод 12»
int but1 = 5; «кнопка “По часовой” на вывод 5»
int but2 = 6; «кнопка “Против часовой” на вывод 6»
int but3 = 4; «кнопка “Стоп” на вывод 4»
int flag = 0; «дополнительная переменная»
void setup() «команда инициализирующая порты, переменные и т. д.»
{
pinMode(in1, OUTPUT); «при OUTPUT, контакт устанавливается как выход»
pinMode(in2, OUTPUT);
pinMode(in3, OUTPUT);

```

```

pinMode(in4, OUTPUT);
pinMode(in5, OUTPUT);
pinMode(but1, INPUT); «при INPUT, контакт устанавливается как вход»
pinMode(but2, INPUT);
pinMode(but3, INPUT);
digitalWrite(in1, HIGH); «при HIGH, на контакты податься напряжение»
digitalWrite(in2, HIGH);
digitalWrite(in3, HIGH);
digitalWrite(in4, HIGH);
digitalWrite(in5, HIGH);
digitalWrite(but1, LOW); «при LOW, на контактах напряжение отсутствует»
digitalWrite(but2, LOW);
digitalWrite(but3, LOW);
}
void loop() «бесконечный цикл»
{
  if (digitalRead(but1) == HIGH && flag == 0) «если нажата кнопка “По
часовой” и дополнительная переменная равна нулю»
  {
    digitalWrite(in1, LOW); «включается реле1»
    digitalWrite(in2, LOW); «включается реле2»
    digitalWrite(in3, LOW); «включается реле3»
    flag=1; «дополнительная переменная приравнивается к единице»
  }
  if (digitalRead(but3) == HIGH) «если нажата кнопка «Стоп»
  {
    digitalWrite(in1, HIGH); «выключается реле 1»
    digitalWrite(in2, HIGH); «выключается реле 2»
    digitalWrite(in3, HIGH); «выключается реле 3»
    digitalWrite(in4, HIGH); «выключается реле 4»
  }
}

```

```

digitalWrite(in5, HIGH); «выключается реле 5»
flag=0; «дополнительная переменная приравняется к нулю»
}
if (digitalRead(but2) == HIGH && flag == 0 «если нажата кнопка «Против
часовой» и дополнительная переменная равна нулю»
{
digitalWrite(in1, LOW); «включается реле 1»
digitalWrite(in4, LOW); «включается реле 4»
digitalWrite(in5, LOW); «включается реле 5»
flag=2; «дополнительная переменная приравняется к двойке»
}
}

```

Реле, использованные в сборной плате, допускают коммутацию напряжения до 250В и токов до 10А в сети переменного тока. Это допускает применение данных реле для подключения нагрузки до 2 кВт. Преимуществом данной релейной сборки является низкое управляющее напряжение, 5В.

Список литературы:

1. Моногаров С.И. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ Методические указания по изучению дисциплины и выполнению контрольных работ для студентов заочной формы обучения направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений») / Армавир, 2015.
2. Моногаров С.И. ОПЫТ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ В сборнике: Теоретические и методологические проблемы современного образования Материалы IX международной научно-практической конференции. 2012. С. 60-61.
3. Моногаров С.И. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов всех форм обучения направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений») / Армавир, 2015.

4. Моногаров С.И. **ОСНОВЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ** Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов всех форм обучения направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений») / Армавир, 2015.
5. Моногаров С.И. **ОСНОВЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ** Методические указания по изучению дисциплины и выполнению контрольных работ для студентов всех форм обучения направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и предприятий») / Армавир, 2015.
6. Моногаров С.И. **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ** Учебное пособие / Армавир, 2017.
7. Моногаров С.И. **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ** Учебное пособие по изучению дисциплины для студентов всех форм обучения направления 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника / Армавир, 2017.

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ БРАУЗЕРНЫХ МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИГР

Снопкова Алла Михайловна

*студент, Кубанский государственный университет,
РФ, г. Краснодар*

Данилова Виолетта Валерьевна

*студент, Кубанский государственный университет,
РФ, г. Краснодар*

Бутенко Надежда Сергеевна

*студент, Кубанский государственный университет,
РФ, г. Краснодар*

Локтев Евгений Сергеевич

*студент, Кубанский государственный университет,
РФ, г. Краснодар*

Куликова Наталья Николаевна

*научный руководитель, канд. биол. наук, доцент,
Кубанский государственный университет,
РФ, г. Краснодар*

Высоконагруженными (от англ. Highload) называют системы безостановочного доступа, то есть те структуры, запрос данных из которых позволяет получать информацию без длительной задержки при непрерывной работе [1]. Иными словами, высоконагруженные системы – это, в основном, те же веб-сайты (либо веб-приложения), только с очень большим количеством пользователей и как следствие с большой нагрузкой, требующей оптимизированной серверной части веб-сайта (либо веб-приложения). Качественной характеристикой для высоконагруженной системы является пропускная способность этой системы, она описывает количество работы, которую должна уметь выполнять система в единицу времени.

Архитектура многопользовательских и массово-многопользовательских игр в точности совпадает с архитектурой высоконагруженных систем, только в качестве пользователя системы выступает только тонкий клиент (веб-браузер).

В целом, все игры, где необходим доступ в сеть Интернет, называют online-играми. В зависимости от того, как будет игра запускаться, online-игры можно разделить на клиентские и браузерные. В данном параграфе будет идти речь о браузерных играх. Итак, браузерная игра — online-игра, использующая браузерный интерфейс и обычно не требующая установки дополнительных приложений.

Браузерные игры разделяют на следующие типы:

- ролевые online-игры – игры, которые представляют собой моделирование событий, происходящих в данный момент времени в определенном пространстве;
- стратегии – игры, которые базируются на стратегическом планировании и тактику для достижения необходимых целей (делятся на два типа: стратегии реального времени и пошаговые стратегии);
- социальные online-игры – многопользовательские игры, которые основаны на взаимодействии реальных игроков в определенный момент времени и на определенной локации;
- квест – игры, представляющий собой приключенческую историю, главный герой которой является сам игрок;
- симуляторы – игры, имитирующие жизнь живых организмов, управление техникой или транспортным средством;
- экшн – игры, в которых победа игрока целиком и полностью зависит от скорости реакции и быстрого принятия решения;
- настольные online-игры – игры, такие как шашки, шахматы, нарды и другие.

Браузерные игры также можно разделить на три категории: однопользовательские, многопользовательские и массово-многопользовательские.

Однопользовательская браузерная игра – это online-игра, в которой принимает участие один пользователь. На данный момент популярность пришла к разработке игр под CANVAS на языке программирования JavaScript. Поэтому, сейчас можно встретить достаточно много однопользовательских игр, написанные на данной платформе.

Многопользовательские браузерные игры – это игры, при котором одновременно играют несколько пользователей [2]. Браузер обеспечивает связь игроков между собой посредством игрового сервера.

Массово-многопользовательские браузерные игры – это игры, в которых сотни, тысячи, или десятки тысяч игроков взаимодействуют друг с другом. Игры, относящиеся к данной подгруппе, «простыми» назвать нельзя. Также как и у многопользовательских игр, браузер обеспечивает связь всех игроков между собой посредством игрового сервера.

Многопользовательские и особенно массово-многопользовательские браузерные игры можно отнести к системам с высокой нагрузкой. Как и в высоконагруженных приложениях, так и в таких категориях игр имеют большое количество игроков, и как следствие на сервер будет производиться огромная нагрузка. Поэтому необходимо максимально оптимизировать серверную часть игры.

В настоящее время, можно выделить две основных архитектуры, которые используются при разработке многопользовательских браузерных игр. Это клиент-серверная архитектура и «точка-точка».

Подавляющее большинство многопользовательских игр использует классическую архитектуру клиент-сервер. Эта архитектура создает некоторые проблемы. Вся нагрузка виртуального мира ложится на сервер, так как никакая отдельная клиентская машина не может справиться с потоком обрабатываемых данных. Поэтому разрабатываются сложные архитектурные решения для распределения нагрузки на разные серверы. Основное внимание при этом, уделяется тому, как распределять наиболее эффективно нагрузку на разные физические устройства. К задачам, которые должны решать эти устройства относят, например: клонирование виртуального мира, разделение его на зоны, обработка входа и т. д.

Каждый отдельный игрок подключается к серверу через клиентское приложение на своем ПК, а сервер обрабатывает все правила и состояние виртуального мира. Одна из первых вещей, которые вы должны понять, состоит

в том, что из-за большого количества клиентов, которые будут подключаться к серверу, и создаваемая ими загрузка будет невозможна для обработки всего одного сервера. Поэтому необходимо будет использовать некоторую архитектуру распределенного сервера, которая балансирует нагрузку на несколько машин.

Поскольку архитектура «клиент-сервер» широко используются, как в многопользовательских игр, так и во многих других системах, в этой области было проведено большое количество исследований и предложено много вариантов наилучшей организации программно-аппаратного комплекса.

Большинство многопользовательских игр сегодня используют четырех-уровневую архитектуру: уровень клиента, уровень прокси, уровень приложения/игры, уровень базы данных.

В архитектуре «точка-точка» каждый клиент является одновременно и сервером. При этом существует мастер-клиент, чтобы избежать коллизий с идентификацией игроков. Исключая необходимость в центральном сервере, можно значительно сократить стоимость игры. Однако при разработке такой архитектуры для многопользовательских игр возникает множество проблем. Например, сохранение состояния игры будет серьезной проблемой. Распределение обновлений и исправлений будет гораздо более сложным, труднее вычислить мошенничество в игре, а пропускная способность канала для клиентов будет значительно меньше по сравнению с клиент-серверной архитектурой.

В клиент-серверной архитектуре мы имеем лучшую безопасность за счет того, что мы забираем обработку игрового процесса у игрового клиента. То есть в таком случае клиенты уже, как правило, не управляют игровым процессом и отправляют только сообщения о действиях пользователя.

Также, в настоящее время довольно популярными стали облачные технологии. Предоставление ресурсов по требованию может облегчить проблемы с масштабируемостью и стоимостью владения оборудованием. Возможность использования арендованных у провайдера мощностей снимает с разработчиков игр бремя покупки и обслуживания оборудования.

Многие недостатки данных технологий можно устранить, используя комбинированную архитектуру. Комбинация облачных и «точка-точка» - вычислений в настоящее время приобретает все большее применение в различных приложениях, включая крупномасштабные онлайн игры. Встроенная гибкость этих архитектур является ценным преимуществом для разработчиков, которые могут выбирать, какие ресурсы использовать. Эффективное предоставление ресурсов и распределение нагрузки являются обязательными для реализации любой игровой архитектуры, в которой предполагается обслуживание крупных сообществ пользователей.

Список литературы:

1. Бунин О. Разработка высоконагруженных систем. – М.: Издательство Олега Бунина, 2014. – 414.
2. Глейзер Д., Мадхав С. Многопользовательские игры. Разработка сетевых приложений. – СПб.: Питер, 2017. – 368.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЦЕПТУР ЭКСТРУДАТОВ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Сырокоренский Илья Сергеевич

*студент, филиал федерального государственного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске,
РФ, г. Смоленск*

MODELING OF EXTRUDATE FORMULATIONS USING MATHEMATICAL STATISTICS

Ilya Sirokorensky

*student, branch of the Federal State Institution of Higher Education
"National Research University" MEI "in Smolensk,
Russia, Smolensk*

Аннотация. В статье рассмотрен классический подход к моделированию рецептур экструдатов. Для реализации методики используются пакеты Excel и MathCAD. Приведены аналитические выкладки, свидетельствующие о работоспособности методики.

Abstract. The classical approach to the modeling of extrudate formulations is considered in the article. To implement the methodology, Excel and MathCAD packages are used. Analytical calculations are given, which testify to the efficiency of the method.

Ключевые слова: математическое моделирование, математическая статистика, уравнение регрессии, рецептура экструдатов, снеки.

Keywords: mathematical modeling, mathematical statistics, regression equation, compounding of extrudates, snacks.

Рынок снеков в России в настоящее время является быстроразвивающимся и растущим. Одним из наиболее современных способов производства снеков является экструзия. Однако в условиях реального производства производителям экструдатов приходится сталкиваться с комплексом проблем при разработке

рецептур, которые могут быть решены за счет построения математической модели разработки рецептур. Математическое моделирование может базироваться на минимальном количестве производственных испытаний, что ведет к снижению затрат [1].

Разработанная в статье математическая модель рецептуры экструдатов строится на классических методах математической статистики и базируется на эмпирических данных.

Построенная математическая модель, отражает зависимость удовлетворения органолептических потребностей (y) от рН среды экструдата (x_1), влажности экструдата (x_2) и содержания белка в экструдате (x_3). Построение системы показателей проводилось в пакете Excel при помощи функции анализ данных. Статистические данные по переменным приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Статистические данные математической модели

y	0,2	0,5	0,8	0,1	0,7	0,6	0,4	0,3	1,0	0,9
x₁	7,5	6,1	6,3	6,3	6,2	6,3	6,1	6,2	6,1	6,2
x₂	12,0	14,0	18,0	13,0	10,0	11,0	8,0	13,5	14,5	18,0
x₃	55,0	65,0	77,0	53,0	65,0	65,0	55,0	58,0	70,0	90,0

В результате анализа матрицы коэффициентов парной корреляции, приведенной в таблице 2, следует, что зависимость удовлетворения органолептических потребностей от употребления экструдата имеет наиболее тесную связь с содержанием белка в рецептурной смеси, а влияние влажности и рН среды экструдата менее существенны. Взаимного влияния рассматриваемых факторов и слабых связей факторов не выявлено, что говорит о том, что все факторы учтены при построении математической модели.

Выполнив регрессионный и дисперсионный анализ в пакете Excel, получили зависимости отраженные в таблице 3.

Таблица 2.

Корреляционная матрица

	у	x ₁	x ₂	x ₃
у	1			
x ₁	-0,43257	1		
x ₂	0,46462	-0,10071	1	
x ₃	0,835957	-0,29847	0,751556	1

Уравнение регрессии зависимости удовлетворения органолептических потребностей от употребления экструдата от рН среды и влажности экструдата, содержания белка в рецептурной смеси, имеет вид:

$$Y = -0,111 - 0,113X_1 - 0,031X_2 + 0,027X_3$$

Таблица 3.

Результаты регрессионного и дисперсионного анализа

Регрессионная статистика					
Множественный R	0,884119				
R-квадрат	0,781667				
Нормированный R-квадрат	0,6725				
Стандартная ошибка	0,173265				
Наблюдения	10				
Дисперсионный анализ		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
Регрессия		3	0,644875	0,214958	7,160309
Остаток		6	0,180125	0,030021	
Итого		9	0,825		
	<i>Коэфф-ты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-значение</i>	
Y-пересечение		-0,1109	1,092108	-0,10155	0,922424
x ₁		-0,11278	0,147403	-0,76509	0,473227
x ₂		-0,0314	0,027912	-1,12496	0,303585
x ₃		0,027395	0,008108	3,37887	0,014879

Вычисленное значение критерия Фишера для доверительной вероятности 95% и степеней свободы числителя и знаменателя 3 и 6 свидетельствует о неадекватности модели, поскольку расчетное значение не превышает табличное, равное 8,76.

Попытаемся привести модель к адекватному виду перейдя к нелинейной зависимости.

В первую очередь рассмотрим зависимости квадратичного вида. Наиболее значимыми переменными в модели являются влажность экструдата и содержание белка в рецептурной смеси. Составим уравнение регрессии при помощи пакета MatCAD.

$$I := COrder(Nvars, deg) \quad coeffs := submatrix(R, 3, rows(R) - 1, 0, 0)$$

$$I = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 2 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 2 & 0 \end{pmatrix} \quad coeffs = \begin{pmatrix} 7.183 \times 10^{-3} \\ -1.561 \times 10^{-3} \\ 0.147 \\ -4.79 \\ -0.04 \\ -0.018 \end{pmatrix}$$

Таким образом, новое уравнение регрессии имеет вид:

$$y = -0,018x_2^2 - 0,04x_2 - 1,561 \cdot 10^{-3}x_3^2 + 0,147x_3 + 7,183 \cdot 10^{-3}x_3x_2 - 4,79$$

Из рисунка 1 видно, что функция имеет экстремум.

Воспользовавшись критерием Сильвестра находим критические точки, обозначив через x – содержание белка в рецептурной смеси, а y – влажность экструдата, и представляя полученные уравнения для матричного метода в виде

$$M := \begin{pmatrix} -0.00312 & 0.007183 \\ 0.007183 & -0.036 \end{pmatrix} \quad v := \begin{pmatrix} -0.147 \\ 0.04 \end{pmatrix}$$

в MatCAD, получим решение:

$$lsolve(M, v) = \begin{pmatrix} 82.416 \\ 15.333 \end{pmatrix}$$

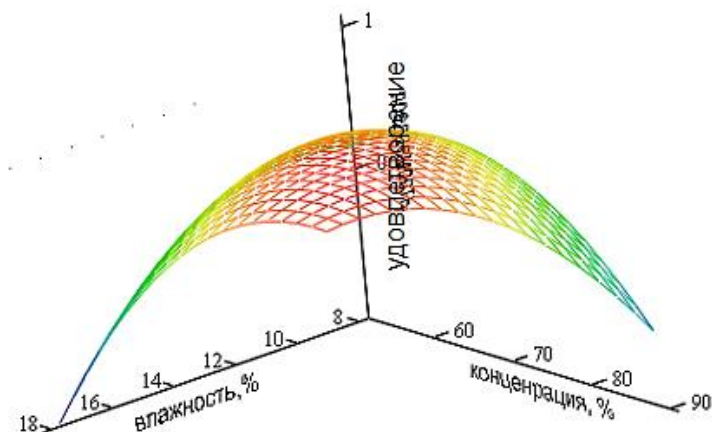


Рисунок 1. Функция зависимости удовлетворения органолептических потребностей от влажности экструдата и содержания белка в рецептурной смеси

Из полученного решения, можно сделать вывод о том, что максимальное удовлетворение органолептических потребностей от употребления экструдата будет достигаться при содержании белка в рецептурной смеси 82,4% и влажности экструдата 15% [2].

Список литературы:

1. Алексеев Г.В., Аксенова О.И. Использование математического моделирования для ресурсосберегающих пищевых производств. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 2(20). С. 1-10.
2. Аксенова О.И. Определение зависимости уровня потребления корма от функционально-технологических показателей рецептурной смеси. Вестник Мурманского государственного технического университета. 2016. Т. 19. № 4. С. 830-841.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ЗАКАЛКИ И ОТЖИГА СТАЛИ

Шевелёва Анна Константиновна

*магистрант Липецкого государственного технического университета,
РФ, г. Липецк*

Маслов Борис Владимирович

*магистрант Липецкого государственного технического университета,
РФ, г. Липецк*

Немцева Елена Владимировна

*магистрант Липецкого государственного технического университета,
РФ, г. Липецк*

Цыганов Игорь Анатольевич

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент
Липецкого государственного технического университета,
РФ, г. Липецк*

Коваленко Ирина Анатольевна

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент
Липецкого государственного технического университета,
РФ, г. Липецк*

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF QUENCHING AND ANNEALING OF STEEL

Anna Sheveleva

*master's student of Lipetsk state technical University,
Russia, Lipetsk*

Boris Maslov

*master's student of Lipetsk state technical University,
Russia, Lipetsk*

Elena Nemtseva

*master's student of Lipetsk state technical University,
Russia, Lipetsk*

Igor Tsyganov

*scientific supervisor candidate of technical Sciences,
associate Professor of Lipetsk state technical University,
Russia, Lipetsk*

Аннотация. Разработка режимов закалки стали для улучшения механических, физических и технологических свойств среднеуглеродистых сталей осуществлялась математическим моделированием процессов.

Abstract. The development of steel hardening modes to improve the mechanical, physical and technological properties of medium-carbon steels was carried out by mathematical modeling of processes.

Ключевые слова: сталь, термическая обработка математическая модель, расчет, режим, химический состав, структура, предел прочности, твердость.

Keywords: steel, heat treatment mathematical model, calculation, mode, chemical composition, structure, tensile strength, hardness.

Для решения задачи по разработке математической модели процесса закалки и отжига стали необходимо, прежде всего, её математическое описание с обозначением всех переменных записью уравнений, описывающих протекающие реальные физические процессы, вводятся математические ограничения, задаются начальные и конечные данные. Температуры начала и конца фазовых превращений A_1 и A_3 , и S предопределяются содержанием легирующих элементов в среднелегированной стали [1. с. 5–30].

1. Среднее содержание легирующих элементов (% массы) в среднеуглеродистой среднелегированной стали рассчитывается по формуле

$$X_j = (Y_j + Z_j)/2, \quad (1)$$

где: X_j – среднее, Y_j – наименьшее, Z_j – наибольшее.

2. Положение критической точки S в эвтектоиде

$$S_1 = 0,8 + \sum V_i \times X_j \quad (2)$$

$$S_2 = 0,8 + \sum V_i \times Y_j \quad (3)$$

$$S_3 = 0,8 + \sum V_i \times Z_j \quad (4)$$

где: S_1 – среднее, S_2 – минимальное, S_3 – максимальное значение.

$V_i X_j$, $V_i Y_j$, $V_i Z_j$ – функции изменения значения точки S при увеличении легирующих элементов.

3. Температуры начала и конца фазовых превращений A_1 и A_3 ,

$$A_1 = 723 + \sum F_i \quad (5)$$

$$W_1 = 723 + \sum H_i \quad (6)$$

$$D_1 = 723 + \sum P_i \quad (7)$$

где: A_1 – средняя, W_1 – минимальная, D_1 – максимальная температура эвтектоидного превращения, °С; F_i , Y_i , P_i – функции изменения положения критических точек A_1 , W_1 , D_3 при прибавлении легирующего элемента.

$$A_3 = 911 + \sum F_j \quad (8)$$

$$W_3 = 911 + \sum H_j \quad (9)$$

$$D_3 = 911 + \sum P_j \quad (10)$$

где: A_3 – средняя, W_3 -минимальная, D_3 -максимальная температура начала превращения, °С;

F_j , H_j , P_j – функции, показывающие на сколько изменится положение точек A_3 , W_3 , D_3 при добавлении легирующего элемента.

4. Температура нагрева под закалку доэвтектоидной стали рассчитывается по формулам

$$T_1 = A_3 + 40 \quad (11)$$

$$T_2 = W_3 + 40 \quad (12)$$

$$T_3 = D_3 + 40 \quad (13)$$

где: T_1 – средняя, T_2 – минимальная, T_3 – максимальная, °С.

5. Температура нагрева под закалку заэвтектоидной стали рассчитывается по формулам

$$T_1 = A_3 + 60 \quad (14)$$

$$T_2 = W_3 + 60 \quad (15)$$

$$T_3 = D_3 + 60 \quad (16)$$

6. Время нагрева под закалку в мин.

а) форма образца – цилиндр

$$t_n = 0,2 \times d \times l \times K_1 \quad (17)$$

где: d – диаметр образца, мм;

K_1 – коэффициент среды (для газа – 2, соли – 1, металла – 0.5);

l – коэффициент распределения деталей в печи;

б) форма образца – параллелепипед

$$t_n = C \times K_1 \times l \quad (18)$$

где: C – толщина образца.

7. Время выдержки при температуре закалки, в мин.

$$t_e = 0,25 \times t_n \quad (19)$$

8. Общее время пребывания деталей в печи, в мин.

$$t_{\text{общ}} = t_n + t_e \quad (20)$$

9. Определение охлаждающей среды:

а) определение среднего балла зерна

$$B_{\text{ср}} = \frac{B_{\text{min}} + B_{\text{max}}}{2} \quad (21)$$

где: B_{min} – минимальный,

B_{\max} – максимальный балл зерна

б) определение идеального критического диаметра сплава Fe–C:

$$D_c = \sqrt{\frac{C}{10}} \times (1,7 - 0,09 \times B_{cp}) \times 25,4 \quad (45)$$

в) определение идеального критического диаметра, мм

$$D_\infty = D_c \times (0,7 \times Si + 1) \times (3,33 \times Mn + 1) \times (2,16 \times Cr + 1) \times (3 \times Mo + 1) \times (0,35 \times Cu + 1) \times (1,75 \times V + 1) \times (200 \times B + 1) \times (Ti + 1) \times (0,35 \times Ni + 1) \times (1,2 \times Zr + 1) \times (0,3 \times Al + 1) \times (1,15 \times W + 1) \times (1,2 \times Nb + 1) \times (Co + 1) \times (1,15 \times Ta + 1) \quad (22)$$

г) определение критического диаметра закалки, мм

Если $D_\infty < 200$, то

1. воздух $D_1 = e^{-4,493} \times e^{1,423} \times \ln D_\infty \quad (23)$

2. вязкое масло $D_2 = e^{-3,115} \times e^{1,593} \times \ln D_\infty \quad (24)$

3. масло $D_3 = e^{-2,12} \times e^{1,36} \times \ln D_\infty \quad (25)$

4. вода $D_4 = e^{-0,966} \times e^{1,237} \times \ln D_\infty \quad (26)$

5. 5%-ный раствор NaOH $D_5 = e^{-0,647} \times e^{1,061} \times \ln D_\infty \quad (27)$

Если $D_\infty > 200$, то

1. воздух $D_1 = 0,015 \times e^{1,481} \times \ln D_\infty \quad (28)$

2. вязкое масло $D_2 = 0,9 \times e^{-1,01} \times \ln D_\infty \quad (29)$

3. масло $D_3 = 0,85 \times e^{-1,02} \times \ln D_\infty \quad (30)$

4. вода $D_4 = 0,775 \times e^{-1,03} \times \ln D_\infty \quad (31)$

5. 5%-ный раствор NaOH $D_5 = 0,6 \times e^{-1,04} \times \ln D_\infty \quad (32)$

д) сравнивая диаметр образца с критическим диаметром закалки D находим охлаждающую среду.

При $D = d$ охлаждаем в данной среде.

10. Определение углеродного эквивалента

$$Y_{\text{эКВ}} = C + 0,11 \times Mn + 0,06 \times Cr + 0,03 \times (Si + Mo + Ni) + 0,048 \times Cu + 0,1 \times V + 0,08 \times Al + 0,01 \times W - 0,04 \times Co \quad (33)$$

11. Определение необходимости обработки холодом.

а) определение критических точек M_H , M_K , M_C .

Точка M_K определяет необходимую температуру охлаждения;

точка M_H определяет эффект обработки холодом;

точка M_C определяет допустим ли разрыв во времени между закалкой и обработкой холодом.

Определяем точку M_K .

При $Y_{\text{эКВ}} < 0,514$ обработка холодом не производится, т. к. точка M_K расположена выше комнатной температуры.

При $Y_{\text{эКВ}} < 0,86$

$$M_K = 1026 Y_{\text{эКВ}}^2 + 733 Y_{\text{эКВ}} + 95,7 \quad (34)$$

При $Y_{\text{эКВ}} > 0,8$

$$M_K = -30,526 Y_{\text{эКВ}}^2 - 60,227 \quad (35)$$

Определяем точку M_H .

При $0,514 < Y_{\text{эКВ}} < 0,6$

$$M_H = 840 Y_{\text{эКВ}}^2 - 1120 Y_{\text{эКВ}} + 650 \quad (36)$$

При $Y_{\text{эКВ}} > 0,6$

$$M_H = -45 Y_{\text{эКВ}} + 245 \quad (37)$$

Определяем точку M_C .

При $0,514 < Y_{\text{эКВ}} < 0,6$

$$M_C = 6071,4 Y_{\text{эКВ}}^2 + 2610,7 Y_{\text{эКВ}} + 650 \quad (38)$$

При $Y_{\text{эКВ}} > 0,6$

$$M_C = -225 Y_{\text{эКВ}} - 65 \quad (39)$$

б) определение содержания остаточного аустенита.

$$A_{\min}^{ост} = -4,651 + 8,588 \times Y_{эКВ} + 38,038 \times (Y_{эКВ})^2 - 104,212 \times (Y_{эКВ})^3 + 87,636 \times (Y_{эКВ})^4 - 19,452 \times (Y_{эКВ})^5 \quad (40)$$

$$A_{\max}^{ост} = 226,847 - 1,254 \times 10^3 \times Y_{эКВ} + 2,655 \times 10^3 \times (Y_{эКВ})^2 - 2,684 \times 10^3 \times (Y_{эКВ})^3 + 1,319 \times 10^3 \times (Y_{эКВ})^4 + 247,163 \times (Y_{эКВ})^5 \quad (41)$$

в) содержание $A^{ост}$ не должно превышать 15–20 %, а если более то обработка холодом целесообразна

г) определение температуры обработки холодом

$$T_{ох} = M_{к} \quad (42)$$

д) выдержку изделий при обработке холодом считают до момента сквозного их охлаждения из расчета 1,0–1,5 мин, на каждый мм диаметра или толщины изделия

$$T_{ох} = (1,0 \div 1,5) \times D \text{ мин} \quad (43)$$

е) время охлаждения:

$$\tau_{ох} = 0,2 \times K_1 \times K_2 \times D \text{ мин} \quad (44)$$

12. Определение эквидистантной твердости

$$HRC_{эк} = HRC_3 + 20 \times (Y_{эКВ})^2 - 44 \times Y_{эКВ} + 11,5 \quad (45)$$

где: HRC_3 – твердость после отпуска.

13. Определение температуры нагрева для отпуска при заданном времени выдержки и твердости:

$$T_{от} = A \times H_{эк} + C \quad (46)$$

где: A, C – коэффициенты, зависящие от времени выдержки

Температуру отпуска определяем для двух времен выдержки $\tau_{во}=1$ час, $\tau_{во}=2$ часа по монограмме Гуляева И.П.

$$\text{для } \tau_{во} = 1 \text{ час, } t_0 = -11,85H_{эк} + 149,5 \quad (47)$$

$$\text{для } \tau_{во} = 2 \text{ часа, } t_0 = -17H_{эк} + 1016 \quad (48)$$

16. Определение времени нагрева при отпуске:

$$\tau_n = -0,0164 \times T_{om} \times W + 15,4 \times W + 0,0012 \times T_{om} - 2,1 \quad (49)$$

После математического описания с обозначением всех переменных и записью уравнений, описывающих протекающие реальные физические процессы была составлена блок-схема в виде графического изображения, составленного из отдельных элементов – операционных блоков.

Для разработки режима термической обработки среднеуглеродистых и среднелегированных сталей была разработана программа “ТЕРМООБРАБОТКА”. При вычислении режима термической обработки компьютер запрашивает следующую информацию:

- химический состав стали;
- форму, размер детали (шар, цилиндр, параллелепипед) и расположение ее в печи;
- время выдержки при отпуске, необходимую твердость после отпуска.

После ряда вычислений машина выдает информацию о:

- времени нагрева, времени выдержки, температуре при закалке;
- времени нагрева, температуре при отпуске;
- целесообразности и параметрах обработки холодом.

Для исследования были взяты несколько марок конструкционных сталей [2–4]. Режим термической обработки, критические точки, твердость, температура закалки и температура отпуска были получены при расчете на ЭВМ и опытным путем сопоставлены между собой. Расчетные и экспериментальные данные различаются не более 7 %.

Список литературы:

1. Иванников Е.В. Компьютерное моделирование термической и химико-термической обработки: учеб. пособие. [Текст] / Е.В. Иванников, И.П. Горбунов, Д.И. Горбунов. – Липецк: ЛГТУ, 2002. 80 с.

2. Горбунов И.П. Автоматизированное проектирование технологических процессов термообработки: в книге: Физическое металловедение. Сборник научных трудов. [Текст] / И.П. Горбунов, А.С. Бабкин. Липецк: Издательство ЛЭГИ, 2000. С. 61–69.
3. Горбунов И.П. Математическое моделирование режима термической обработки низколегированных сталей: в сборнике: Современная металлургия начала нового тысячелетия сборник научных трудов. Часть 1. VI международной научно-практической конференции. [Текст] / И.П. Горбунов, Д.И. Горбунов, В.В. Бузин, С.Ю. Рогов, А.А. Кофанов. – Липецк: ЛГТУ, 2009. С. 199–203.
4. Горбунов И.П. Моделирование технологии процессов термообработки стали в металлургии: в сборнике: Современная металлургия нового тысячелетия сборник научных трудов II международной научно-практической конференции. [Текст] / И.П. Горбунов, И.А. Цыганов, Д.И. Горбунов. – Липецк: ЛГТУ, 2016. С. 124–127.

ПРИМЕНЕНИЕ И ПРЕИМУЩЕСТВА ИНДУКЦИОННЫХ РАСХОДОМЕТРОВ ПРИ ОТГРУЗКЕ В МАГИСТРАЛЬНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

Шиленок Ольга Васильевна

*студент,
Шахтинский автодорожный институт (филиал)
ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова
РФ, г. Шахты*

Титов Дмитрий Викторович

*студент,
Шахтинский автодорожный институт (филиал)
ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова
РФ, г. Шахты*

Лисовенко Василий Михайлович

*научный руководитель, доцент, канд. техн. наук,
доцент, Шахтинский автодорожный институт (филиал)
ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова
РФ, г. Шахты*

APPLICATION AND BENEFITS OF INDUCTION FLOW METERS FOR SHIPMENT IN PIPELINES

Olga Shilenok

*student,
Road Shakhtinsky Institute (branch) URGU (NPI) named after M.I. Platov,
Russian Federation, Shakhty*

Dmitry Titov

*student,
Road Shakhtinsky Institute (branch) URGU (NPI) named after M.I. Platov,
Russian Federation, Shakhty*

Vasily Lisovenko

*associate Professor, candidate of technical Sciences, associate Professor,
Road Shakhtinsky Institute (branch) URGU (NPI) named after M.I. Platov,
Russian Federation, Shakhty*

Аннотация. В данной статье приведён пример способа учёта нефтепродуктов при отгрузке в магистральные трубопроводы с помощью индукционных расходомеров. Магнитно-индукционные расходомеры работают по принципу

измерения силы магнитного поля, создаваемого потоком жидкости. Чем выше скорость потока – тем сильнее создаваемое магнитное поле. Подходят для замера скорости потока любых токопроводящих жидкостей, что является основным преимуществом.

Abstract. This article provides an example of a method of accounting for petroleum products during shipment to the main pipelines using induction flowmeters. Magnetic induction flowmeters work on the principle of measuring the strength of the magnetic field generated by the liquid flow. The higher the flow rate, the stronger the generated magnetic field. Suitable for measuring the flow rate of any conductive liquid, which is the main advantage.

Ключевые слова: нефтепродукты; учёт; расходомеры; индукционные расходомеры.

Keywords: petroleum products; accounting; flow meters; induction flow meters.

Основным требованием, предъявляемым к коммерческим узлам учета нефтепродуктов, является обеспечение высокой точности измерения массы продукта. Благодаря применению магнитно-индукционных расходомеров, возможно компактное размещение технологического оборудования и выполнение поставленных задач по измерению количества и параметров измеряемых продуктов [2].

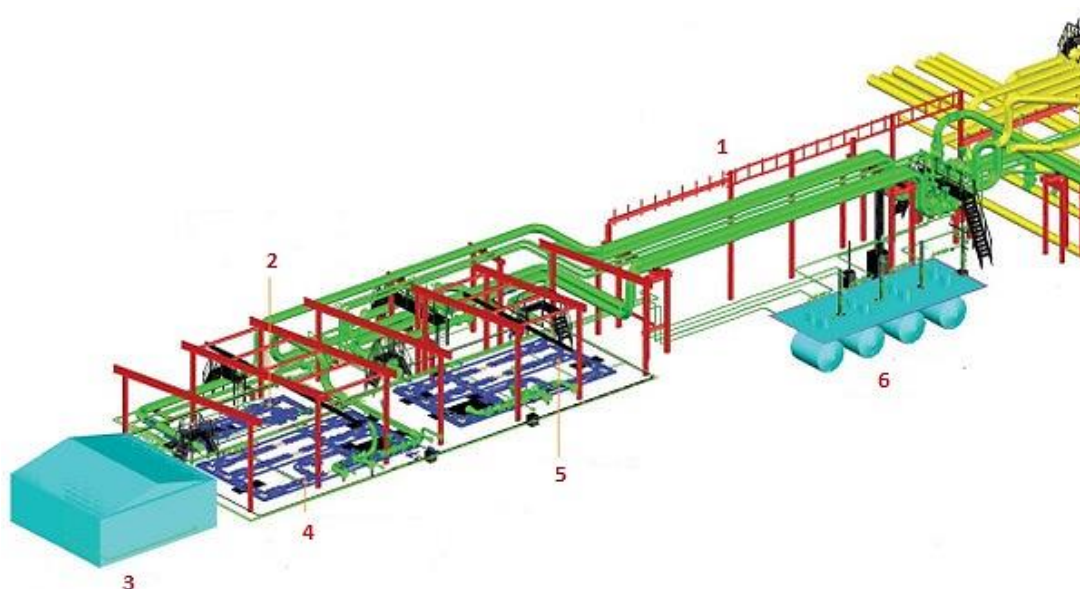
Цель данной работы состоит в том, чтобы выявить преимущества использования индукционных расходомеров для учёта нефтепродуктов при отгрузке в магистральные трубопроводы.

Для обеспечения измерений массы отгружаемой продукции, при подключении к магистральному нефтепроводу, необходим контроль измерений количества и показателей качества нефтепродуктов (СИКН), предназначенных для автоматизированного коммерческого учета следующих нефтепродуктов: судовое топливо; дизельное топливо и дизельное топливо ЕВРО.

Для более точного и качественного результата можно использовать данный комплекс СИКН (рисунок 1).

Комплекс СИКН включил в себя:

- блок измерительных линий для каждого продукта;
- блок измерений параметров качества продуктов в блок-боксе;
- узел подключения передвижной поверочной установки;
- межблочное оборудование [1].



Примечание: 1 - трубопроводная эстакада; 2 – блок измерительных трубопроводов судового топлива; 3 – блок измерения качества; 4 – блок измерительных трубопроводов дизельного топлива; 5 – блок измерительных трубопроводов дизельного топлива ЕВРО; 6 – площадка дренажных ёмкостей.

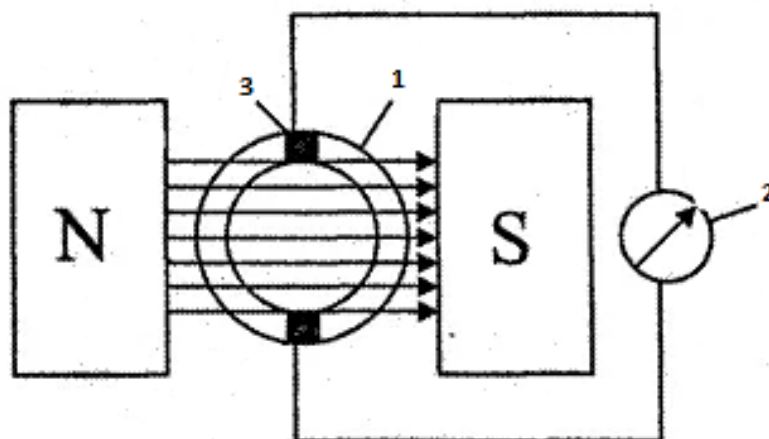
Рисунок 1. Схема комплекса СИКН

Принцип действия электромагнитных расходомеров основан на измерении ЭДС, индуцируемой в потоке электропроводной жидкости под действием внешнего магнитного поля.

Принципиальная схема электромагнитного расходомера показана на рисунке 2. Участок трубопровода 1, расположенный между 2 полюсами постоянного магнита перпендикулярно направлению силовых линий магнитного поля, изготавливается из немагнитного материала (фторопласта, эбонита). В стенки трубопровода заделаны измерительные электроды 3.

Под действием магнитного поля ионы, находящиеся в жидкости, перемещаются и отдают свои заряды измерительным электродам 3, создавая в них ЭДС,

пропорциональную скорости течения жидкости. К электродам 3 подключается измерительный прибор 2, шкала которого градуируется в единицах расхода. Величина этой ЭДС при постоянном магнитном поле определяется уравнением электромагнитной индукции.



Примечание: 1 – участок трубопровода; 2 - постоянный магнит; 3 - измерительные электроды.

Рисунок 2. Схема электромагнитного расходомера

$$E = B \cdot d \cdot v,$$

где: B — магнитная индукция в зазоре между полюсами магнита;

d — внутренний диаметр трубопровода;

v — средняя скорость потока жидкости.

При однородном магнитном поле ЭДС пропорциональна объемному расходу: $Q \sim v$.

Применение данных электромагнитных расходомеров предполагает целый ряд преимуществ:

1) отсутствие движущихся частей, что обеспечивает эксплуатационную надежность, длительный срок службы и сводит к минимуму техническое обслуживание расходомеров, а также очень важно при измерении быстроменяющихся расходов и при использовании их (расходомеров) в автоматических системах регулирования;

2) на результат измерения не влияет присутствие в жидкости взвешенных частиц и пузырьков газа;

3) показания расходомера не зависят от свойств измеряемой жидкости (вязкости, плотности) и от характера потока (ламинарного, турбулентного);

4) измерение сразу нескольких параметров продукта: массовый расход, плотность и температура;

5) отсутствие прямых участков и требований к конфигурации трубопроводов;

б) высокую точность в широком динамическом диапазоне.

Благодаря применению магнитно-индукционных расходомеров удалось компактно разместить технологическое оборудование СИКН.

Таким образом, использование данных расходомеров, обеспечивающих высокую точность измерений массового расхода при одновременном сокращении количества измерительных линий может быть рекомендовано для коммерческого учета нефтепродуктов, когда требуется высокая точность учета и оптимизация затрат.

Список литературы:

1. Ежеквартальный отраслевой научно-производственный журнал: Автоматизация в нефтегазовой отрасли № 4 (18) октябрь-декабрь.
2. Сугак А.В. Оборудование нефтеперерабатывающего производства: учебное пособие для студ. учреждений сред.проф. образования / А.В. Сугак, В.К. Леонтьев, Ю.А. Веткин. - М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 336 с.

МНОГОПОТОЧНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Шматова Анастасия Павловна

*студент, Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики,
РФ, г. Самара*

Чернова Светлана Владимировна

*научный руководитель, Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики
РФ, г. Самара*

Многопоточность – функция, которая заключается в том, что одно ядро процессора может одновременно обрабатывать несколько потоков данных. Когда первый поток бездействует, а второй занимается вычислением, запущенное приложение может пользоваться нужной мощностью для своих же целей. В результате, торможение функционала случаются реже, а пользователь не ощущает неудобств в работе.

При одновременном запуске приложений, в которых параллельно выполняются два и более потока, операционная система будет быстро переключаться между ними, по очереди предоставляя им процессор. Тем самым можно сказать, что процессор не будет перегружаться, если все операции будут происходить не только на одном потоке.

Необходимо знать особенности параллельного выполнения множества потоков. Из-за того, что они выполняются одновременно, при получении данных могут возникать проблемы. Что бы этого не произошло, должна происходить синхронизация механизма.

Поток представляет собой координируемую единицу исполняемого кода. В приложении есть один поток-слушатель, который всегда ожидает поступление задачи от пользователя. При получении задачи он сразу же отдает ее отдельному рабочему потоку, который уже сам продолжает взаимодействовать с пользователем. Поток-слушатель после того, как передал задачу немедленно возвращается к своей роли – ожидание следующей задачи от пользователя.

У любого потока имеется приоритет, указывающий на место в программе, где происходит обработка, и стек, в котором сохраняются локальные переменные потока. Стеки у каждого потока выглядят по-своему, но память для программного кода разделяется среди всех потоков, которые функционируют внутри одного процесса.

При организации многозадачности на основе потоков у каждого процесса должен быть, по крайней мере, один поток, хотя их может быть и больше. Это означает, что в одной программе одновременно могут решаться две задачи и больше. Например, текст может форматироваться в редакторе текста одновременно с его выводом на печать, при условии, что оба эти действия выполняются в двух отдельных потоках [1].

Многопоточные приложения имеют ряд преимуществ:

- Улучшение реакции приложения – не нужно ждать завершения одной задачи, чтобы начать выполнять другую;
- Производительность приложения равномерно увеличивается при наличии дополнительных процессоров;
- Улучшение структуры программы – многопоточные программы легче изменять к требованиям пользователя
- Результативное использование ресурсов системы;

Отличительная черта между многозадачностью на основе процессов и потоков является в том, что первое – исполняется для параллельного выполнения приложений, а второй – только для отдельных частей приложения.

Процесс выполнения приложения может разбиться на несколько потоков. На однопоточных системах потоки будут выполняться последовательно, но малыми промежутками времени, что приводит к иллюзии, что они работают параллельно. На многопоточных системах потоки будут выполняться параллельно друг с другом. Обычно прибегают к многопоточному программированию, чтобы длительные операции по обработке данных не блокировали работу.

Есть несколько языков программирования (не только перечисленные), которые позволяют написать многопоточное приложение:

- C#

В языке C# и среде .NET Framework помогают сразу две разновидности многозадачности. Поэтому средствами C# можно создавать процессы и потоки. Очень важной оказывается помощь в C# многопоточной обработке, благодаря которой упрощается написание многопоточных программ.

- Java

Язык программирования Java вносит многопоточности важный смысл для всех приложений. Приложение, написанное на языке Java, обеспечивает удобство работы для пользователя. Соблюдая простые правила написания и проектируя систему, пользователь может избежать множества распространенных и сложных проблем в написании кода.

- Python

Многопоточность в Python, один из лучших примеров упрощенной реализации потоков. На данном языке многопоточность может значительно улучшить скорость вычисления на многопроцессорных или многоядерных системах.

Достоинство многопоточной обработки состоит в том, что она позволяет написать приложения, которые очень эффективно работают благодаря возможности не использовать время пользователя на задержку приложения, которые неизбежно возникают у большинства программ. Например, одна часть программы выполняет отправку какого-либо файла от пользователя по почте через Интернет, в это же время другая часть может считывать информацию из этого файла, а третья – выполняет буферизацию данных.

Список литературы:

1. Компания «Восточный ветер» обзорная статья о перспективах развития биллинговых систем. URL: <http://www.amobile.ru/billing/development.htm>.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

**ТЕХНИЧЕСКИЕ
И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ.
СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ**

*Электронный сборник статей по материалам VII
студенческой международной научно-практической конференции*

№ 7 (7)
Август 2018 г.

В авторской редакции

Издательство «МЦНО»
125009, Москва, Георгиевский пер. 1, стр.1, оф. 5
E-mail: mail@nauchforum.ru

