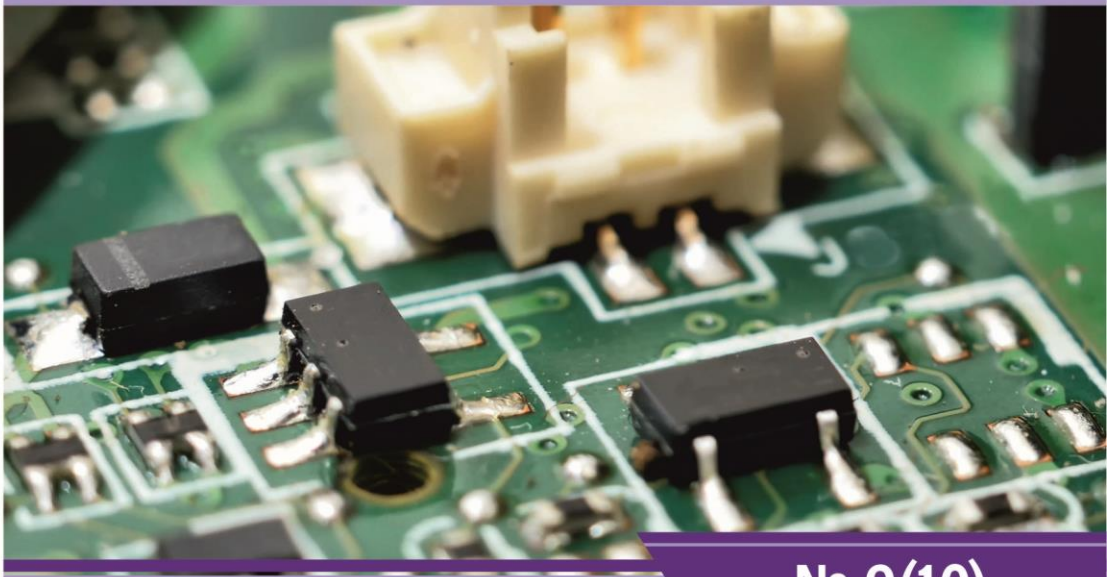




**НАУЧНЫЙ
ФОРУМ**
nauchforum.ru



№ 9(10)

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

МОСКВА, 2017



НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Сборник статей по материалам X международной
научно-практической конференции*

№ 9 (10)
Декабрь 2017 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва
2017

УДК 51/53+62

ББК 22+3

Н34

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:

Ахмеднабиев Расул Магомедович – канд. техн. наук, доц. кафедры строительных материалов Полтавского инженерно-строительного института, Украина, г. Полтава;

Данилов Олег Сергеевич – канд. техн. наук, научный сотрудник Дальневосточного федерального университета;

Маршалов Олег Викторович – канд. техн. наук, начальник учебного отдела филиала ФГАОУ ВО "Южно-Уральский государственный университет" (НИУ), Россия, г. Златоуст.

Н34 Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам X междунар. науч.-практ. конф. – № 9 (10). – М.: Изд. «МЦНО», 2017. – 174 с.

ISSN 2541-8394

Сборник входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе eLIBRARY.RU.

ISSN 2541-8394

ББК 22+3

© «МЦНО», 2017

Оглавление

Раздел 1. Технические науки	8
1.1. Безопасность деятельности человека	8
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА Володина Екатерина Владимировна Гончаров Иван Николаевич Попова Екатерина Андреевна Гераськова Светлана Евгеньевна	8
1.2. Информатика, вычислительная техника и управление	14
МЕТОДЫ СОВМЕЩЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ СОЗДАНИЯ КОЛЛАЖЕЙ Колесников Александр Олегович	14
ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ КЛАСТЕРА НЕЙРОКОМПЬЮТЕРОВ ДЛЯ ЭМУЛЯЦИИ ТОПОЛОГИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ Лукашенко Владислав Владиславович Романчук Виталий Александрович	18
ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ВЫВОДА АБСТРАКТНОГО СИНТАКСИЧЕСКОГО ДЕРЕВА ПРОГРАММЫ ИЗ ОБРАТНОЙ ПОЛЬСКОЙ ЗАПИСИ Лукашенко Владислав Владиславович Романчук Виталий Александрович	24
КОМПЬЮТЕРНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ЗАДААННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ Люкшин Борис Александрович Гришаева Наталья Юрьевна Козлова Лариса Алексеевна	29
КОМПЬЮТЕРНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ Люкшин Борис Александрович Гришаева Наталья Юрьевна Козлова Лариса Алексеевна Панов Илья Леонидович	35

МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ СПЕЦИФИКАЦИЙ СИСТЕМ НА КРИСТАЛЛЕ Печенко Иван Сергеевич Петров Андрей Борисович	40
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ ОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИИ ГРИНА Сенчило Никита Дмитриевич	45
1.3. Машиностроение и машиноведение	53
ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ Удалов Андрей Александрович Чукавин Иван Сергеевич Удалов Александр Викторович	53
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИНСТРУМЕНТА И ЗАГОТОВКИ НА СИЛОВЫЕ РЕЖИМЫ ПРОЦЕССА РОТАЦИОННОЙ ВЫТЯЖКИ Удалов Андрей Александрович Аверин Алексей Сергеевич Удалов Александр Викторович	67
1.4. Металлургия и материаловедение	77
ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО СТАРЕНИЯ НА СВОЙСТВА ЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА Горев Анатолий Александрович Федякина Изабелла Константиновна Богданов Александр Юрьевич Богданова Татьяна Александровна Вааг Мария Валерьевна Меркулова Галина Александровна	77

**1.5. Приборостроение, метрология
и информационно-измерительные приборы
и системы** **82**

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ АВТОМАТОВ	82
Писецкий Вадим Владимирович	
Гончаров Сергей Николаевич	
Воронков Алексей Филиппович	
Дорохина Татьяна Егоровна	
Наумова Екатерина Сергеевна	

1.6. Строительство и архитектура **90**

ГРИНВОШИНГ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	90
Пономаренко Андрей Витальевич	
Шенцова Ксения Владимировна	
ВНЕДРЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	94
Пономаренко Андрей Витальевич	
Шенцова Ксения Владимировна	
КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ МЕМБРАННЫХ ПОКРЫТИЙ	98
Трофимова Виктория Михайловна	
Лукашевич Эдуард Брониславович	
ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ И ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ АРМАТУРЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ	104
Трофимова Виктория Михайловна	

1.7. Технология продовольственных продуктов **109**

ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРАСНЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА СЕЛЕКЦИИ ИНСТИТУТА «МАГАРАЧ» ДЛЯ ВОЗМОЖНОГО ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ИГРИСТЫХ ВИНМАТЕРИАЛОВ	109
Макаров Александр Семёнович	
Яланецкий Анатолий Яковлевич	
Шмигельская Наталия Александровна	
Лутков Игорь Павлович	
Шалимова Тамара Рафаиловна	
Максимовская Виктория Алексеевна	
Кречетова Валентина Васильевна	

1.8. Транспорт	117
КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГИ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА	117
Аухадеев Авер Эрикович	
Киснеева Лейля Нургалиевна	
Сидорова Анжела Алексеевна	
Мукумов Алмаз Халитович	
1.9. Электротехника	122
КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ С ПОМОЩЬЮ СТАТКОМ	122
Милютин Алексей Юрьевич	
Темников Евгений Александрович	
Готфрид Павел Андреевич	
ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ (ПОДВЕСЫ) ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВЭУ	130
Милютин Алексей Юрьевич	
Темников Евгений Александрович	
Готфрид Павел Андреевич	
1.10. Энергетика	140
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТИЧЕСКОГО НАГРЕВА ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ В РАСЧЕТЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ ОТ ВЫСШИХ ГАРМОНИК	140
Долгих Надежда Николаевна	
Горовой Сергей Анатольевич	
Скороходов Вячеслав Игорьевич	
ПОЛИТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК. ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ	147
Милютин Алексей Юрьевич	
Готфрид Павел Андреевич	
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА	156
Сёмина Ирина Александровна	
Сержанский Виктор Павлович	
Басмановский Максим Андреевич	

Раздел 2. Математика	163
2.1. Теория вероятностей и математическая статистика	163
ПРИМЕНЕНИЕ Q-КРИТЕРИЯ РОЗЕНБАУМА ДЛЯ СРАВНЕНИЯ РЕЙТИНГОВЫХ БАЛЛОВ Ушакова Ирина Андреевна	163
Раздел 3. Физика	167
3.1. Лазерная физика	167
ЧЕТЫРЕХВОЛНОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В НЕЛИНЕЙНОЙ СРЕДЕ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ПРЕЛОМЛЕНИЕМ Касумова Рена Джумшуд кызы Сафарова Гюльнара Арастун кызы Ахмадова Асмар Расим кызы Амиров Шахмардан Шахбаз оглы	167

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАЗДЕЛ 1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

1.1. БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА

Володина Екатерина Владимировна

*студент, «Донской Государственный Технический Университет»,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Гончаров Иван Николаевич

*студент, «Донской Государственный Технический Университет»,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Попова Екатерина Андреевна

*студент, «Донской Государственный Технический Университет»,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Гераськова Светлана Евгеньевна

*старший преподаватель
«Донской Государственный Технический Университет»,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Аннотация. В данной статье говорится о производственном экологическом контроле при строительстве и эксплуатации нефтеперерабатывающем заводе. Основные цели производственного экологического мониторинга. Программа проведения мониторинга при строительстве и эксплуатации завода.

Ключевые слова: Контроль, мониторинг, НПЗ, цель, задачи, программа, окружающая среда, соблюдение, анализ, проба, наблюдение.

Основной целью производственного экологического мониторинга в период строительства и эксплуатации НПЗ является контроль экологического состояния окружающей среды в зоне влияния эксплуатируемых технологических объектов путем сбора измерительных данных, интегрированной обработки и их анализа, распределения результатов между пользователями и своевременного доведения информации до должностных лиц. В задачи ПЭМ входит:

- осуществление регулярных и длительных наблюдений за видами техногенного воздействия эксплуатируемого объекта на различные компоненты окружающей среды (ОС) и оценка их изменения;
- осуществление регулярных и длительных наблюдений за состоянием компонентов ОПС и оценка их изменения;
- анализ и обработка полученных в процессе мониторинга данных. Результаты ПЭМ используются в целях:
- контроля за соблюдением соответствия воздействия эксплуатируемых объектов на различные компоненты ОС предельно допустимым нормативным нагрузкам;
- контроля за соблюдением соответствия состояния компонентов ОС санитарно-гигиеническим и экологическим нормативам;
- разработки и внедрения мер по охране ОС. Объектами ПЭМ являются:
 - a. факторы воздействия на ОС:
 - шумовое воздействие;
 - выбросы организованных и неорганизованных источников;
 - b. компоненты ОС:
 - атмосферный воздух;
 - поверхностные воды;
 - подземные воды;
 - почвенный покров.

Кроме выше перечисленных объектов ПЭМ, проектными решениями предусмотрено проводить контроль за эффективностью очистки очистными сооружениями дождевых и хозяйственно-бытовых стоков.

Программа проведения мониторинга при строительстве.

Мониторинг шумового воздействия намечено проводить в пределах зоны потенциального воздействия действующих источников шума, в ближайшей жилой зоне. Контролируемыми параметрами шумового

воздействия в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» являются: эквивалентный (по энергии) уровень звукового давления импульсного шума и максимальный уровень звукового давления импульсного шума.

Во время проведения строительных работ уровень загрязнения атмосферного воздуха намечено определять методом эпизодического обследования на маршрутных постах по полной программе (в соответствии с ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов», РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»). Перечень наблюдаемых параметров в период строительства и пусконаладочных работ определяется на основании данных расчета концентраций вредных (загрязняющих) веществ в приземном слое атмосферного воздуха. При проведении мониторинга в период строительства в атмосферном воздухе контролируются:

- концентрации вредных (загрязняющих) веществ (оксид углерода, оксид и диоксид азота, диоксид серы, взвешенные вещества, сажа, сумма углеводородов);
- метеорологические параметры (температура, влажность, скорость и направление ветра, атмосферное давление).

Областью мониторинга поверхностных вод являются водные объекты, прилегающие к площадке строительства. В область мониторинга поверхностных вод входят:

- наблюдение за качеством поверхностных вод до начала строительства;
- наблюдения за качеством поверхностных вод после окончания строительства.

Мониторинг почвенного покрова в период строительства проводится на контрольных площадках:

- в пределах зоны потенциального воздействия действующих источников загрязнения;
- на нарушенных и рекультивированных землях;
- на ненарушенных землях (для определения фона).

Отбор проб на контрольных площадках организуется методом конверта согласно ГОСТ 17.4.3.01-83 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб». Периодичность мониторинга почвенного покрова - 1 раз после завершения строительных работ и проведения технической рекультивации.

Программа проведения мониторинга при эксплуатации объекта

На стадии эксплуатации НПЗ будет создана постоянно действующая система производственного экологического мониторинга (ПЭМ). На основе наблюдений будет формироваться информационная база данных для сопоставления количественных оценок изменения уровней загрязнения окружающей среды и прогноза состояния компонентов окружающей среды в зоне влияния предприятия. Система ПЭМ позволит своевременно информировать ответственных должностных лиц для принятия управленческих решений в части мер по смягчению воздействия деятельности предприятия на окружающую среду.

В рамках проекта предусматривается система производственного экологического мониторинга за состоянием компонентов окружающей среды (атмосферы, гидросферы, почвенного покрова), находящихся в зоне влияния проектируемого объекта. Контроль атмосферного воздуха предусмотрено осуществлять силами собственных специально оборудованных лабораторий с применением автоматизированной системы контроля, а также с привлечением на договорной основе специализированных аттестованных лабораторий, а разработку и оценку прогноза загрязнения и выработку мероприятий - экологической службой предприятия. Контролю подлежат: оксиды азота, оксид углерода, диоксид серы, бензол, сероводород, углеводороды предельные.

Для действующего предприятия разработан проект «Система производственного экологического мониторинга (ПЭМ) Для контроля атмосферного воздуха в районе размещения НПЗ данной системой ПЭМ предусмотрены два поста контроля загазованности атмосферного воздуха и центр сбора данных. Посты контроля загазованности атмосферного воздуха предназначены для непрерывного автоматического измерения концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, регистрации метеорологических параметров в окружающей среде, сбора, обработки и хранения измеренных данных, а также передачи этой информации в центр сбора данных. В настоящее время на территории НПЗ установлен один пост контроля загазованности атмосферного воздуха. На стадии эксплуатации НПЗ предусмотрено размещение шесть постов контроля загазованности атмосферного воздуха в районе размещения предприятия.

Производственный контроль за соблюдением установленных нормативов выбросов осуществляется непосредственно на источниках выбросов и на границе ближайшей жилой застройки.

Контроль за соблюдением нормативов ПДВ по основным загрязняющим веществам в жилой зоне и на границе рекомендуемой санитарно-защитной зоны предусмотрено выполнять на специально выбранных контрольных точках с помощью, так называемых подфакельных наблюдений.

Исходя из определенной категории сочетания «источник - вредное вещество», устанавливается периодичность контроля соблюдения нормативов ПДВ.

Контроль соблюдения установленных нормативов выбросов ЗВ в атмосферу для НПЗ будет осуществляться специализированными лабораториями, аккредитованными в установленном порядке на проведение таких работ.

Для контроля будут использоваться согласованные в установленном порядке лабораторные методики измерения концентраций ЗВ в промышленных выбросах, приведенные в соответствующих перечнях Росприроднадзора.

Предусматривается контроль за качественным составом хозяйственно-бытовых и производственных стоков. Определяемыми компонентами являются: для хозяйственно-бытовых стоков - взвешенные вещества, БПК, соединения азота, фосфора, рН; для промливневых - рН, взвешенные вещества, нефтепродукты, для солесодержащих стоков - рН, взвешенные вещества, нефтепродукты, соединения азота, фосфора, фенолы и др. Лабораторный контроль за работой очистных сооружений, за соблюдением ПДС осуществляется силами ЦЗЛ, или силами привлекаемых на договорной основе специализированных аттестованных лабораторий.

ЦЗЛ осуществляет лабораторный контроль:

- качества поступающих на очистку стоков - перед входом на очистные сооружения, в контрольных колодцах с установок и резервуарных парков;
- качества поступающих на очистку стоков перехватывающей системы «Дрена»;
- качества очищенных стоков перед сбросом в глубоководный выпуск.

Одновременно контроль за работой каждого из сооружений очистки входит в систему управления очистных сооружений.

Схема-график проведения ведомственного лабораторного контроля предусматривается при разработке регламента и согласовывается надзорными органами.

Учёт количества поступающих на очистку стоков осуществляется с помощью диафрагмовых расходомеров с записывающими устройствами, установленными в приёмных насосных станциях на каждом потоке.

Мониторинг почв и земель включает в себя контроль загрязнения почв выбросами, сбросами, отходами в соответствии с ГОСТ 17.4.3.04-85, СанПиН 2.1.7.1287-03.

Предусматривается проводить исследование образцов почв по наличию в них загрязняющих компонентов, определенных СанПиН 2.1.7.1287-03: нефтепродукты; свинец; кадмий; ртуть; мышьяк; никель; цинк и медь.

С целью радиационно-экологического обследования территории необходимо проведение:

- оценки гамма-фона территории (определение мощности эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения);
- гамма-спектрометрических исследований проб грунта, воды на территории предприятия и в контрольных точках, определение удельной альфа и бета-активности воды.

Предусмотренный проектом НПЗ производственный экологический контроль (экологический мониторинг) соответствует требованиям, установленным в области охраны окружающей среды.

Список литературы:

1. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
2. ГОСТ 17.4.3.01-83 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб».
3. ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов».

1.2. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

МЕТОДЫ СОВМЕЩЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ СОЗДАНИЯ КОЛЛАЖЕЙ

Колесников Александр Олегович

*студент,
Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева,
РФ, г. Красноярск*

METHODS OF IMAGE BLENDING IN THE COLLAGE CREATION SYSTEM

Alexander Kolesnikov

*student,
Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
Russia, Krasnoyarsk*

Аннотация. Рассматриваются методы совмещения изображений в системе создания коллажей. Особое внимание посвящено бесшовному сшиванию изображений. Целью статьи является определение методов, которые целесообразно использовать в данной системе.

Abstract. The methods of image blending for the collages creation system are considered. Very attention is devoted to seamless stitching of images. The purpose of the article is to determine the methods that are appropriate to use in this system.

Ключевые слова: коллаж; совмещение изображений; альфа блендинг; пирамидальный блендинг; блендинг Пуассона.

Keywords: collage; image blending; alpha blending; pyramid blending; Poisson blending.

В последние годы, люди всё чаще используют приложения для формирования коллажей из различных фотографий. При разработке системы автоматизированного создания коллажей, которая позволит

формировать коллажи на основе выборок изображений по некоторым условиям (теги изображений, дата съемки и т. п.), целесообразно сосредоточить внимание на методах совмещения изображений. Если не учитывать особенности этих методов, можно получить результат, который не удовлетворит поставленным требованиям. Правильное использование методов совмещения изображений позволит добиться наиболее эффективных результатов при формировании коллажа.

Самый простой способ совместить изображения – склеить их по шаблону. Шаблон определяет расположение выбранных изображений относительно друг друга. Таким образом, получится шаблонный коллаж (рисунок 1а). Также, можно использовать совмещение с накладыванием изображений друг на друга. Работа этого метода происходит иным образом - изображения накладываются на полотно одно за другим произвольным образом. При этом, некоторые изображения, которые были добавлены позже, могут закрывать области других изображений. Это позволяет экономить место, скрывая области, не вызывающие интереса. Пример коллажа, с наложенными изображениями показан на рисунке 1б.

Осуществить плавные переходы между изображениями помогут методы бесшовного сшивания изображений (блендинга). Существует множество таких методов, но самый простой из них с точки зрения реализации – альфа блендинг. Он заключается в совмещении двух изображений, у которых пропорционально изменяется альфа значение. Это изменение описывается формулой $S_{dest} = \alpha \cdot S_1 + (1 - \alpha) \cdot S_2$ [1].



Рисунок 1. Шаблонный коллаж и коллаж с наложенными изображениями

Помимо этого, для блендинга можно использовать пирамиды изображений – наборы изображений с разным разрешением. Существует два типа пирамид: пирамида Гаусса и пирамида Лапласа. В пирамиде

Гаусса, каждое последующее изображение формируется путем размытия предыдущего изображения, а затем удаления четных строк и столбцов из него. Изображение пирамиды Лапласа – это разность между изображением пирамиды Гаусса того же уровня и увеличенного изображения на уровень выше.

В методе пирамидального блендинга, для начала нужно найти пирамиды Гаусса и Лапласа для каждого изображения. После этого, на каждом уровне пирамид Лапласа, происходит наложение изображений по маске. На последнем этапе, полученные изображения последовательно расширяются и складываются с изображениями соответствующего уровня. Результатом последнего сложения является выходное изображение [2]. В силу того, что при расширении изображений, невозможно получить исходное (до сжатия) изображение, результатом такой работы является более размытое изображение, в отличии от исходных.

На рисунке 2 представлены исходные изображения (сверху), а также результаты работы альфа блендинга (слева снизу) и пирамидального блендинга (справа снизу).

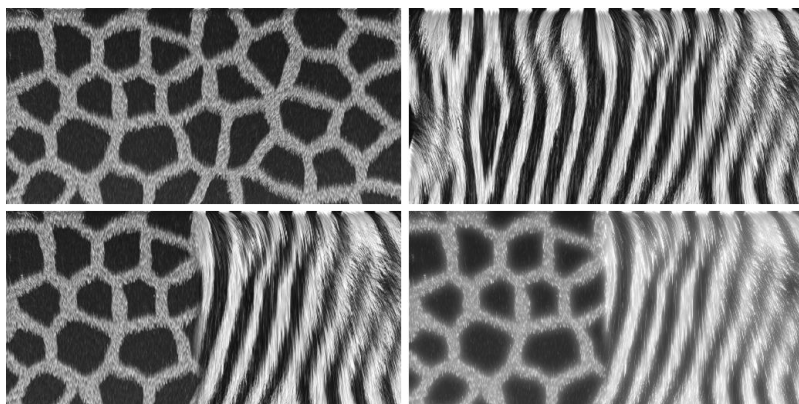


Рисунок 2. Результаты работы альфа блендинга и пирамидального блендинга

Более эффектный метод – блендинг Пуассона. Он основывается на восстановлении значения функции по ее градиенту. В область Ω изображения S накладывается изображение g , где $\partial\Omega$ – граница области Ω . Задача состоит в том, чтобы вычислить значение для каждого пикселя p в области Ω [3]. Это возможно сделать с помощью формулы 1, которая основана на уравнении Пуассона. Здесь N_p – множество соседних для p пикселей, не включая границы,

$|N_p|$ – количество элементов множества N_p ($|N_p| \leq 4$), q – соседний для p пиксель ($q \in N_p$), f_p – искомое значение пикселя в области Ω , f_q – значение пикселя q , f_q^* – значение пикселя q (при условии, что он на границе $\partial\Omega$), $(g_p - g_q)$ – разность соседних пикселей (градиент).

$$|N_p| f_p - \sum_{q \in N_p \cap \Omega} f_q = \sum_{q \in N_p \cap \partial\Omega} f_q^* + \sum_{q \in N_p} (g_p - g_q) \quad (1)$$

Таким образом, получается система из M уравнений, где M – количество пикселей, накладываемых на изображение S . В результате решения этой системы, мы получим выходное изображение (рисунок 3). В зависимости от того, каким образом рассчитывать градиент для изображения g , можно получить различные результаты.

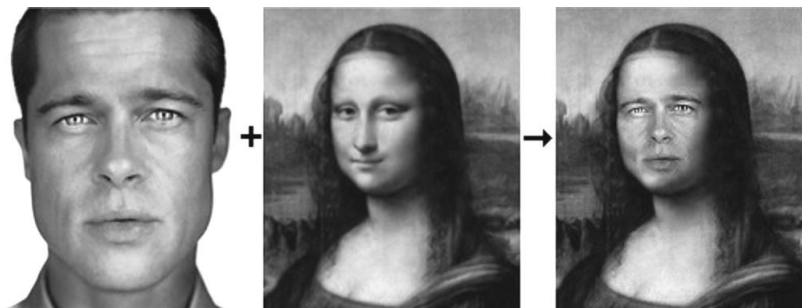


Рисунок 3. Результат работы блендинга Пуассона

В результате проведенного анализа, было выявлено, что в зависимости от желаемого результата, требуется применять различные методы совмещения изображений. Склеивание по шаблону, а также наложение изображений целесообразно использовать, если исходные изображения не должны видоизменяться. Методы совмещения при помощи альфа значения, а также пирамид, имеют схожие результаты, но разумнее использовать альфа блендинг, так как в другом случае, выходные изображения являются более размытыми. Блендинг Пуассона целесообразно использовать для совмещения изображений таким образом, чтобы результирующее изображение имело один оттенок, например, при замене лиц.

Список литературы:

1. Kenny A. Hunt. The Art of Image Processing with Java: A K Peters. Ltd. Natick, Massachusetts, 2010. 300 с.

2. Panoramic Image Mosaic [Электронный ресурс]. URL: http://pages.cs.wisc.edu/~csverma/CS766_09/ImageMosaic/imagemosaic.html (Дата обращения 02.04.2017).
3. Patrick Pérez, Michel Gangnet, Andrew Blake. Poisson Image Editing. ACM Transactions on Graphics (TOG) - Proceedings of ACM SIGGRAPH 2003: Volume 22 Issue 3, pp 313-318.

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ КЛАСТЕРА НЕЙРОКОМПЬЮТЕРОВ ДЛЯ ЭМУЛЯЦИИ ТОПОЛОГИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Лукашенко Владислав Владиславович

*научный сотрудник кафедры ИВТ и МПИ
Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина,
РФ, г. Рязань*

Романчук Виталий Александрович

*кандидат технических наук, доцент кафедры ИВТ и МПИ
Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина,
РФ, г. Рязань*

PARALLEL PROGRAMMING OF THE NEUROCOMPUTER CLUSTER FOR EMULATION OF THE COMPUTER NETWORK TOPOLOGY

Vladislav Lukashenko

*scientific employee of the department of ICT and MPI
Ryazan State University named after S.A. Yesenin,
Russia, Ryazan*

Vitaly Romanchuk

*candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of ICT and MPI,
Ryazan State University named after S.A. Yesenin,
Russia, Ryazan*

Аннотация. В статье рассмотрен способ программного виртуального эмулирования кластерной топологии более высокого уровня, а затем, и динамического резервирования в полученной топологии вычислительных машин для создания вычислительной нейрокластерной структуры для нужд параллельного программирования.

Abstract. The article describes a method for software virtual emulation of a cluster topology of a higher level, and then, and dynamic reservation in the resulting topology of computers to create a computational neural cluster structure for the needs of parallel programming

Ключевые слова: распределенные вычисления; кластерные вычисления; кластеризация вычислительных ресурсов; нейровычисления, нейрокомпьютеры; кластеризация нейрокомпьютеров.

Keywords: distributed computing; cluster computing; clustering of computing resources; neuro computing; neurocomputers; clustering of neurocomputers.

Введение

В современной научной и производственной сфере достаточно актуальна задача использования систем распределенной обработки данных из-за недостаточности вычислительных ресурсов для решения ряда задач. Эффективнее всего для решения поставленной проблемы применимы масштабируемые параллельные высокоскоростные кластеры на базе нейрокомпьютеров [3]. В работе рассматривается конкретная реализация вычислительного кластера на базе нейрокомпьютеров МВ77.07 ЗАО «НТЦ Модуль», технические характеристики, преимущества и перспективность которых описана в работах [2-8].

Одним из важнейших компонентов любого кластера при его проектировании является топология внутренней вычислительной сети кластера [9]. С другой стороны в нейрокомпьютерных системах обработка поступающих задач происходит посредством специализированных вычислительных структур [2]. В обоих случаях встречаются нестандартные топологии вычислительных сетей связи. В статье рассмотрен способ программного виртуального эмулирования кластерной топологии более высокого уровня, а затем, и динамического резервирования в полученной топологии машин для создания вычислительной структуры. Данный процесс необходим, поскольку в основе идеи разработки кластера на нейрокомпьютерах лежит принцип двойного распараллеливания задач, поступающих на выполнение в такой кластер. Первый этап – это стандартное разбиение задач на атомарные подзадачи, второй этап – размещение на нейрокомпьютеры кластера такого количества задач и данных для них, чтобы их выполнение не занимало более одного нейропроцессорного такта.

Рассмотрим с алгоритмической точки зрения процесс организации и оптимизации четырехмерного гиперкуба на базе стандартной Ethernet сети: выбор первой вычислительной машины кластерной подсети, у которой четвертая секция IP-адреса равна "1", направление broadcast-запроса на широковещательный адрес вычислительной подсети, рекурсивный просмотр tcpdump-файлов каждой вычислительной машины, поиск четырех наименьших значений времени приема пакета, запись в матрицу смежности в соответствующую ячейку последней четвертой секции IP-адреса, переход на шаг 1, выбирая вычислительную машину со следующим порядковым номером 4 секции IP-адреса.

Пример. Пусть есть вычислительный кластер K с количеством вычислительных машин $p_i, i = \overline{1, 10}$. Каждой вычислительной машине назначен IP адрес вида 192.168.0.1-10 и широковещательный адрес 192.168.0.255. Выберем вычислительную машину, у которой 4 секция IP-адреса равна "1". Направляем запрос на широковещательный адрес, для этого воспользуемся специально подготовленной функцией C++.

Формируем очередную ячейку матрицы смежности связей вычислительной подсети кластера.

Следующим шагом исследования является динамическое построение вычислительной нейрокластерной структуры из топологии четырехмерного куба. Рассмотрим модель расписания и критерии по которым составляется расписание планировщиком ресурсов.

Пусть для множества операций $Op = \langle Op_1, Op_2, \dots, Op_p, \dots, Op_p \rangle$, связанных отношением последовательности выполнения операций Pos задан отрезок планирования $[0, T], t \in [0, T]$ - переменная времени. Пусть s_i, f_i - моменты начала и окончания операции $Op_i, i = \overline{1, N}$. Тогда расписание в общем случае примет вид:

$$Sh = \{(s_i, f_i), i = \overline{1, N}, s_i, f_i \in [0, T]\}. \quad (1)$$

Рассмотрим критерии, влияющие на решение задачи (1). Следует отметить, что первым и самым важным критерием являются количество ресурсов. Чаще всего ресурсы состоят из набора процессоров, памяти и дополнительных ресурсов. Задаются общие уровни наличия каждого типа ресурса во времени:

$$r_j = \{r_j^i, j = \overline{1, J}, t \in [0, T], \quad (2)$$

где: J - число типов ресурсов. Причем r_i^j - не зависит от времени, верхняя граница j -го типа (число процессоров, пропускную способность коммуникационной системы) будем обозначать r_0^j .

Следующим критерием является система операций. Система операций описывается следующим образом: задается множество $Op = \langle Op_1, Op_2, \dots, Op_p, \dots, Op_p \rangle$ операций, которые необходимо выполнить. На множестве операций определяется отношение Pos - последовательности выполнения операций представляемое, в виде ориентированного бесконтурного графа (Op, E) с множеством Op вершин, соответствующих операциям, и множеством $E \subseteq Op \times Op$ дуг. При этом $Op_i Pos Op_j \Leftrightarrow (Op_i, Op_j) \in E$.

Для i -ой операции задается длительность выполнения $\sigma_{i,j} > 0$ на j -м типе ресурса. Каждая операция характеризуется потребностью r_{ij} в ресурсах типа j , причем $r_{ij} \leq r_0^j$. Удельная стоимость (или вес) w_i операции чаще всего полагается постоянной. Тогда стоимость завершения операции равна $w_i f_i$ и представляет собой представляет собой неубывающую от срока завершения операции функцию. Параметры $\sigma_{i,j}$, r_{ij} и w_i образуют вектор параметров операции, а совокупность таких векторов параметрически описывает систему операций и соответствующую графовую модель.

Еще одним критерием являются ограничения на составление расписаний. Расписание (1) является допустимым, если выполняются следующие условия:

$$(\forall Op_i \in Op) f_i \leq T, \quad (3)$$

$$(\forall Op_i, Op_j \in Op) Op_i Pos Op_j \Rightarrow f_i \leq s_j, \quad (4)$$

$$(\forall t \in [0, T], Op_t = \{Op_i \in Op \mid s_i \leq t \leq f_i\}) \quad (5)$$

$$r^j(t) = \sum_{Op_i \in Op} r_{ij} \leq r_0^j$$

где: Op_t - множество операций, выполняемых в момент времени t .

$r^j(t)$ - потребность в ресурсе j -го типа, а r_i^i - уровень наличия ресурса j -го типа в момент времени t . Исходя из вышеописанных принципов формулируется задача составления допустимого в соответствии с (3)-(5) расписания (1).

Решим поставленную задачу для нашего кластера нейрокомпьютеров. Отметим, что в данной статье не рассматривается алгоритм выбора вычислительной структуры нейрокластера под задачу, данный вопрос рассматривается в работе [7].

Вычислительная структура, полученная в результате работы алгоритма, описанного в [7], по своей структуре является полным взвешенным направленным графом. В этом случае ее удобно представить в виде матрицы смежности, строки и столбцы которой будем именовать коэффициентами $i, j \in N$.

Алгоритм динамического формирования вычислительной структуры

Алгоритм динамического формирования вычислительной структуры:

1. Считывание очередной подзадачи из очереди задач. Если таких не осталось, то переходим на шаг 4.

2. Считывание строки матрицы смежности вычислительной структуры.

- Если подпрограммы, соответствующие операциям в структуре находятся в отношении параллельности, то возвращаемся на шаг 1.

- Если подпрограммы, находятся в отношении последовательности, то переходим на шаг 3.

3. Направление рекурсивного запроса от диспетчера кластера Δ в сетевую топологию, созданную программным путем, т. е. совершаем обход матрицы смежности топологии вычислительной сети кластера. Хвост пакета запроса содержит совокупность параметров $\{C_i, M_i, D_i, N\}, i = \overline{1, N}$, где $C_i, i = \overline{1, N}, M_i, i = \overline{1, N}, D_i, i = \overline{1, N}$, определяющие количество нейропроцессоров, объемы свободной оперативной памяти и дисковой памяти в мегабайтах, $N_i, i = \overline{1, N}$ - разрядность данных, которые возможно разместить на каждом нейропроцессоре вычислительного узла.

4. Резервирование вычислительной машины под каждую подзадачу соответственно очереди, затем направление подзадачи и данных для их работы на зарезервированных вычислительные машины, затем вычисление результатов операций, затем сигнализирование об окончании вычислений пакетом, содержащим

результаты вычислений в диспетчер кластера Δ , переход на шаг 1, затем конец вычислений, выдача финального результата вычислений.

Таким образом, был совершен переход от топологии вычислительного кластера к вычислительной нейрокластерной структуре.

Рассмотрен способ программного виртуального эмулирования кластерной топологии, на примере топологии четырехмерного куба, более высокого уровня, а затем и динамического резервирования в полученной топологии машин для создания вычислительной нейрокластерной структуры. Данный процесс позволяет реализовать основную идею разработки кластера на нейрокомпьютерах. В основе его лежит принцип двойного распараллеливания задач, поступающих на выполнение в такой кластер. Первый этап – это стандартное разбиение задач на атомарные подзадачи, второй этап – размещение на нейрокомпьютеры кластера такого количества задач и данных для них, чтобы их выполнение не занимало более одного нейропроцессорного такта.

Список литературы:

1. Бурцев В.С. Параллелизм вычислительных процессов и развитие архитектуры супер ЭВМ. М.: ИВВС РАН, 1997. 152 с.
2. Воеводин В.В., Воеводин Вл. В. Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 608 с.
3. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории. М.: «Горячая линия Телеком», 2010. 496 с
4. Лукашенко В.В. Анализ основных вопросов классификаций распределенных вычислительных систем // Современная техника и технологии. 2015. № 4 (44). С. 65-69.
5. Лукашенко В.В. Математическая модель реструктуризуемого под классы задач, виртуализуемого кластера вычислительной grid-системы на базе нейропроцессоров // В сборнике: Наука, Техника, Инновации 2014 сборник статей Международной научно-технической конференции. Под общей редакцией А.Л. Сафонова. 2014. С. 232-236.
6. Ручкин В.Н., Романчук В.А., Лукашенко В.В. Обобщенная модель вычислений кластера нейрокомпьютеров // Вестник Рязанского государственного университета им. С.А. Есенина. 2015. № 2 (47). С. 146-150.
7. Ручкин В.Н., Романчук В.А., Фулин В.А., Лукашенко В.В. Разработка алгоритма выбора вычислительной структуры распределенного кластера с нейрокомпьютерной архитектурой // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2015. № 9. С. 236-244.
8. Ручкин В.Н., Романчук В.А., Лукашенко В.В. Модель вычислений реструктуризуемого под задачу кластера на базе нейрокомпьютеров // Современная техника и технологии. 2015. № 3 (43). С. 56-59.

9. Топорков В.В. Модели распределенных вычислений. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 320 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ВЫВОДА АБСТРАКТНОГО СИНТАКСИЧЕСКОГО ДЕРЕВА ПРОГРАММЫ ИЗ ОБРАТНОЙ ПОЛЬСКОЙ ЗАПИСИ

Лукашенко Владислав Владиславович

*научный сотрудник кафедры ИВТ и МПИ
Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина,
РФ, г. Рязань*

Романчук Виталий Александрович

*канд. техн. наук, доц. кафедры ИВТ и МПИ
Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина,
РФ, г. Рязань*

OPTIMIZATION OF THE OUTPUT ALGORITHM OF THE ABSTRACT SYNTAX TREE OF THE PROGRAM FROM THE REVERSE POLISH RECORD

Vladislav Lukashenko

*scientific employee of the department of ICT and MPI
Ryazan State University named after S.A. Yesenin, Russia, Ryazan*

Vitaly Romanchuk

*candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of ICT and MPI,
Ryazan State University named after S.A. Yesenin,
Russia, Ryazan*

Аннотация. В работе рассматривается вариант реализации вычислительного кластера нейрокомпьютеров. Для реализации основного принципа распределенных вычислений в статье представлен алгоритм разбиения задач, поступающих на выполнение в вычислительный кластер нейрокомпьютеров, на подзадачи. Задача, которой посвящена статья – оптимизация алгоритма преобразования обратной польской записи программы в абстрактное синтаксическое дерево. Для этого в статье предлагается представить поступившую на выполнение в

кластер программу в модифицированной постфиксной Польской записи и хранить ее в стеке команд программы. На следующем шаге предлагается получить абстрактное синтаксическое дерево программы, следуя оптимизованному алгоритму перевода модифицированной постфиксной Польской записи из стека команд в абстрактное синтаксическое дерево. Работа выполнена при финансировании государственного задания, проект №2.9519.2017/8.9.

Abstract. The implementation of the computational cluster of neurocomputers is considered in the article. To implement the basic principle of distributed computing, the article presents an algorithm for dividing the tasks included in the computing cluster of neurocomputers into sub-tasks. The task, which is devoted to the article, is the optimization of the algorithm for converting the inverse Polish program into an abstract syntax tree. For this, the article proposes to present the program entered into the cluster for execution in the modified post-entry Polish record, and store it in the stack of program commands. The next step is to get the abstract syntax tree of the program, following the optimized algorithm to translate the modified Polish postfix record from the command stack to an abstract syntax tree. The work was carried out with the financing of the state task, project N 2.959.2017/8.9.

Ключевые слова: распределенные вычисления; кластерные вычисления; кластеризация вычислительных ресурсов; нейровычисления; нейрокомпьютеры; кластеризация нейрокомпьютеров; оптимизация; оптимизация алгоритмов.

Keywords: distributed computing; cluster computing; clustering of computing resources; neuro computing; neurocomputers; clustering of neurocomputers; optimization; algorithm optimization.

Введение

В современной научной и производственной сфере крайне актуальна задача использования вычислительных систем параллельной обработки информации ввиду недостаточности вычислительных ресурсов. Сегодня обозначенные задачи решают с недостаточно высокой степенью эффективности масштабируемые параллельные вычислительные кластеры на базе нейрокомпьютеров [1]. В работе рассматривается существующая реализация параллельного кластера на базе нейрокомпьютеров МВ77.07 ЗАО «НТЦ Модуль», технические характеристики и перспективы использования в работе которых, описаны в работе [2-4].

При выборе нетипичной вычислительной архитектуры требуется решить задачу построения модели вычислений. Модель вычислений

связывает между собой понятия архитектуры вычислительной системы и модель программирования. Работа алгоритма разбиения задач на подзадачи позволяет организовать один из основных принципов параллельных вычислений, а именно - параллелизм. В основной части алгоритма решается задача перевода из обратной польской записи в абстрактное синтаксическое дерево программного кода. Абстрактное синтаксическое дерево - основная структура представляющая процесс передачи данных от одной операции программы к другой. Следует отметить что скорость работы алгоритма перевода из обратной польской записи в абстрактное синтаксическое дерево крайне низка и требует оптимизации. В связи с этим основной проблемой, поставленной и рассматриваемой в статье является оптимизация работы алгоритма преобразования обратной польской записи программы в абстрактное синтаксическое дерево.

Для оптимального разбиения задачи на подзадачи рассмотрим ее с точки зрения алгоритма. В этом случае, каждая, поступающая на выполнение в параллельный кластер задача – есть алгоритм $AI^{(j)}$, реализованный в понятном вычислительной системе виде. Выполнение программы $PR^{(j)}$ на вычислительной машине или группе параллельных вычислительных машин осуществляется посредством четких машинных команд. Тогда, для оптимального разбиения программы на подпрограммы, а затем и их выполнения требуется рассмотреть ее представление с позиции теории компиляции.

С теории компиляции всякая программа представляется в виде $PR^{(j)} = (Gpu, V)$, где $Gpu = (W, E, start, stop)$ - граф потока управления программы, а $V = \{v_1, \dots, v_k\}$ - алфавит операторов.

Граф потока управления $Gpu = (W, E, start, stop)$ - это ориентированный граф, в котором выделены две вершины $start$ и $stop$, связанные между собой посредством множеств вершин W и дуг E .

Для описания программы исполняющейся на вычислительных машинах традиционной архитектуры с теории компиляции этого достаточно. Граф потока управления программы, исполняющейся на нейрокомпьютерах можно представить следующим образом $Gpu = (V, E, start, stop, BitVal)$, где $BitVal$ – множество значений разрядности результатов на каждом шаге выполнения программы.

Для разбиения программы на подпрограммы с позиции компиляции, требуется рассмотреть программу во внутренней форме представления.

Внутренняя форма представления программ - это результат работы синтаксического анализатора. Наиболее распространенным

способом представления программ во внутренней форме является обратная польская запись [10,11].

В рассматриваемой работе выбрана обратная польская запись в качестве внутренней формы представления программ.

Модифицированный алгоритм, позволяющий представлять всю программу в постфиксной польской записи, а не только ее логические и математические выражения работает по тому же принципу и был предложен Робертом Седжвиком [17].

Алгоритм перевода из Польской формы в абстрактное синтаксическое дерево

После представления программы в обратной Польской записи необходимо построить граф потока управления программы. Представление программы в расширенной обратной Польской записи хранится и передается в форме абстрактного типа данных класса стек. Такой стек называется стеком команд программы (*Stack*). На следующем шаге необходимо сформировать абстрактное синтаксическое дерево (АСД) программы из стека команд программы. Абстрактное синтаксическое дерево – это ориентированное дерево, где внутренние вершины являются операторами языка, на котором написана программа, а листьями — соответствующие операнды. Листья нижнего слоя – это входные параметры, а, в свою очередь, корень дерева - результат, который должна вернуть программа. Ребра АСД формируются между операторами и соответствующими операндами, требующихся для их работы. Для этого существует алгоритм перевода программы из Польской формы в абстрактное синтаксическое дерево (рисунок 1). Следует, отметить что скорость работы алгоритма перевода из обратной польской записи в абстрактное синтаксическое дерево крайне низка и требует оптимизации. В связи с этим рассмотрим оптимизованный алгоритм преобразования обратной польской записи программы в абстрактное синтаксическое дерево.

Будем хранить в R текущий считываемый из *Stack* элемент, до тех пор пока он не пуст.

- В случае, когда R - идентификатор или константа, его значение считывается из стека и записывается в лист АСД а также в многосвязный список ссылаясь на элемент родитель в дереве, затем переходим к считыванию следующего элемента.

- В случае, когда R является бинарным оператором, его действие осуществляется над двумя последующим элементам, которые являются операндам из стека, так формируется левое поддерево АСД. Затем переходим к считыванию следующего элемента.

- В случае, когда R является унарным оператором, его действие осуществляется над верхним последующим элементом стека, так формируется левое поддерево АСД. Затем переходим к считыванию следующего элемента.

- В противном случае R является n -арным оператором, его действие осуществляется над всеми n верхними последующими операндами, так формируется левое поддерево АСД. Затем переходим к считыванию следующего элемента.

Вывод

Таким образом, в статье рассмотрен вариант оптимизации алгоритма перевода программы, все операции которой, записаны в модифицированной обратной польской записи, в абстрактное синтаксическое дерево, который отобразит множество всех путей исполнения программы. Результатом работы данного алгоритма является алгоритмическая структура – многосвязный список, посредством которой осуществляется хранение и передача для дальнейшей обработки результатов представления программы в АСД. Работа выполнена при финансировании государственного задания, проект №2.9519.2017/8.9.

Список литературы:

1. Бурцев В.С. Параллелизм вычислительных процессов и развитие архитектуры супер ЭВМ. М.: ИВВС РАН, 1997. 152 с.
2. Воеводин В.В., Воеводин Вл. В. Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 608 с.
3. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории. М.: «Горячая линия Телеком», 2010. 496 с
4. Топорков В.В. Модели распределенных вычислений. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 320 с.
5. Ручкин В.Н., Романчук В.А., Лукашенко В.В. Обобщенная модель вычислений кластера нейрокомпьютеров // Вестник Рязанского государственного университета им. С.А. Есенина. 2015. № 2 (47). С. 146-150.
6. Гергель В.П., Полежаев П.Н. Исследование алгоритмов планирования параллельных задач для кластерных вычислительных систем с помощью симулятора // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2010. № 5-1. С. 201-208.
7. Злобин В.К., Ручкин В.Н. Нейросети и нейрокомпьютеры: учеб. пособие. / В.К. Злобин, В.Н. Ручкин.-СПб.: БХВ-Петербург, 2011.-256 с.: ил
8. Коваленко Вп Коваленко Е., Корягин Д. и др. Управление заданиями в распределенной вычислительной среде // Открытые системы. - 2001. - № 5-6. -С. 22-28.
9. Комарцова Л.Г., Максимов А.В. Нейрокомпьютеры: учеб. пособие для вузов. -М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. -320 с., ил.

10. Коновалов Н., Крюков В. Параллельные программы для вычислительных кластеров и сетей // Открытые системы. - 2002. - №3. - С. 12-18.
11. Корячко В.П. Алгоритм планирования вычислительного процесса в мультипроцессорной вычислительной системе реального времени // Автоматика и вычислительная техника. 1985. № 3. С. 16-18.
12. Костров Б.В., Ручкин В.Н. Архитектура микропроцессорных систем: учеб. пособие. - М.: ТЕХБУК, 2007.-208 с.
13. Bender M.A., Bunde D.P., Demaine E.D. Communicationn Aware Processor Allocation for Supercomputers // Lecture Notes in Computer Science.V. 3608/2005. - Berlin: Springer, 2005. - P. 1699181.
14. Танненбаум Э., Ван Стен М. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. Спб.: Питер, 2003. 877 с.
15. Тель Ж. Введение в распределенные алгоритмы. Пер. с англ. - М.: МЦНМО, 2009. - 616 с.
16. Грис Д. Конструирование компиляторов для цифровых вычислительных машин. - М.: Мир, 1975. - 544 с.
17. Роберт Седжвик. Алгоритмы на C++. Фундаментальные алгоритмы и структуры данных. Algorithms in C++. — М.: «Вильямс», 2011. — 1056 с.

КОМПЬЮТЕРНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ЗАДАНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Люшкин Борис Александрович

*д-р техн. наук, профессор
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники,
РФ, г. Томск*

Гришаева Наталья Юрьевна

*канд. физ.-мат. наук, доцент
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники,
РФ, г. Томск*

Козлова Лариса Алексеевна

*доцент
Томский государственный университет*

*систем управления и радиоэлектроники,
РФ, г. Томск*

Аннотация. Для решения задач моделирования предлагается алгоритм оценки прочностных свойств армированных полимерных систем, основанный на анализе напряженно-деформированного состояния представительного объема материала.

При решении задач конструирования используется понятие поверхности отклика в пространстве состояний, характеризующей зависимость конкретной эффективной характеристики от управляющих параметров. Тогда заданному уровню эффективной характеристики на этой поверхности отвечает линия, а заданному интервалу значений – полоса. Проекция этой полосы на плоскость управляющих параметров определяет набор требуемых значений этих параметров в виде полосы.

Ключевые слова: полимерные композиции; механические свойства; матрица-включения.

Постановка задач

Модификация свойств полимерных композиционных материалов (ПКМ), в том числе деформационно-прочностных, достигается путем использований армирующих включений в виде компактных частиц или в виде волокон. Армирующие частицы играют двоякую роль. С одной стороны, они могут повысить прочностные свойства композиции, с другой – являться источниками концентрации напряжений, что может привести к локальному разрушению. Размеры включений, как правило, отличаются от масштаба изделия на несколько порядков. Поэтому при расчете параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) изделия задачи обычно решаются в предположении, что материал является однородным, и при анализе можно использовать так называемые эффективные характеристики.

Предлагаемый подход иллюстрируется примером анализа НДС стальной подложки и покрытия триботехнического назначения. Определение параметров НДС проводится на основе соотношений механики деформируемого твердого тела методом конечных элементов [1].

В покрытии выделяются области, где напряжения и/или деформации являются экстремальными. Из наиболее опасных с точки зрения прочности зон «вырезается» область, которая снова подвергается анализу НДС. Масштаб «вырезанной» области выбирается таким образом, чтобы он был соизмерим с размером

включений, что позволяет учесть форму, расположение, размер и свойства включений на конечно-элементной сетке [2, 3].

Результаты расчетов получаются в виде детальных распределений параметров НДС с учетом наличия реальных элементов структуры, рис. 1. В итоге получаются не осредненные по объему, а реальные распределения деформаций и напряжений, и прогноз прочности на основе этих распределений становится более корректным и достоверным.

Расчеты показали, что для материала, наполненного включениями компактной формы, максимальные нормальные и касательные напряжения, интенсивности деформаций и напряжений в выделенном элементе покрытия увеличиваются в несколько раз по сравнению с однородной средой.

Напряжения, возникающие на границе матрица-включение, значительно больше, чем в выделенном для анализа объеме однородного покрытия. Это может привести к возникновению локального разрушения.

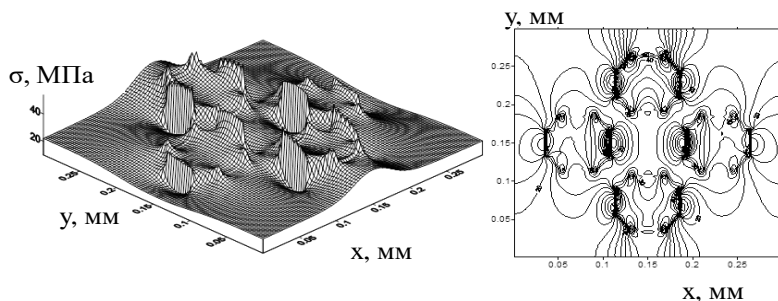


Рисунок 1. Поверхность распределения интенсивностей напряжений при нагружении наполненной полимерной композиции и соответствующие изолинии

Эффективные характеристики материала получаются с использованием процедур осреднения [6]. Детальные распределения параметров НДС, играющих определяющую роль при оценке прочности с использованием тех или иных критериев, при определении эффективных характеристик заменяются своего рода интегральными значениями параметров НДС, в частности, теми, которые определяют кривую напряжения-деформации.

Для наглядности рассматривается случай, когда используются две управляющие характеристики – степень наполнения и средний радиус компактных включений. В этом случае зависимость любой из перечисленных выше эффективных характеристик от управляющих

параметров может быть представлены визуально как поверхность отклика в трехмерном пространстве состояний совершенно аналогично поверхности вида $z = z(x, y)$ в обычном пространстве с использованием декартовых координат. Пример в виде поверхности $\lambda = \lambda(\rho, \varphi)$ приведен на рис. 2, где λ – коэффициент теплопроводности, ρ и φ – управляющие параметры, указанные выше. Аналогичные зависимости можно привести и для других эффективных характеристик.

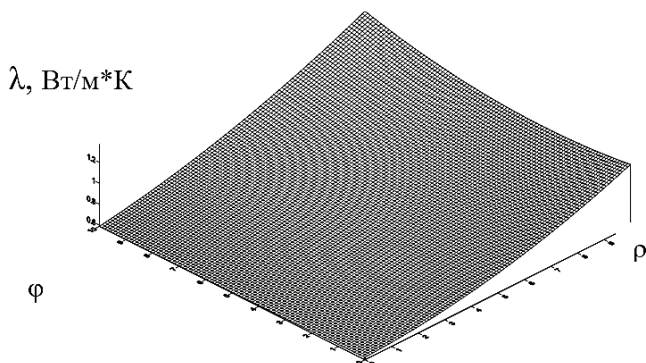


Рисунок 2. Зависимость коэффициента теплопроводности λ от степени наполнения φ (ось ординат) и среднего размера включений ρ (ось абсцисс)

Поскольку речь идет об интервале заданных значений, то на каждом из графиков оставляем полосу, ограниченную двумя изолиниями, отвечающими верхней и нижней границам заданного интервала (рис. 3).

10,2 ÷ 9,8 МПа – предельное напряжение разрушения (жирные линии);

114 ÷ 104 % - предельная деформация разрушения материала (пунктирные линии);

1 ÷ 0,7 Вт/м·К - коэффициент теплопроводности (штрихпунктирные линии);

Чтобы найти управляющие параметры, придающих требуемые значения эффективных характеристик (в виде заданных интервалов), нужно наложить полученные графики в виде изолиний друг на друга.

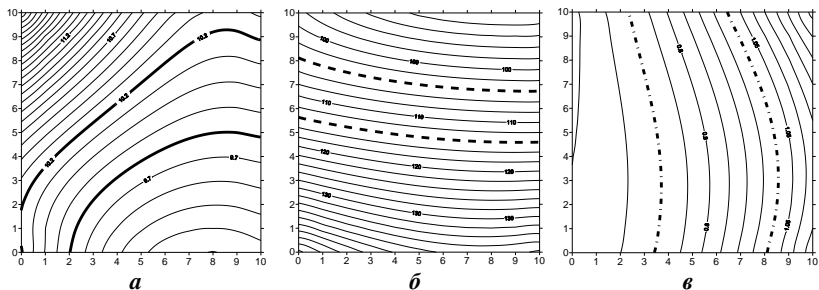


Рисунок 3. а) изолинии распределения предельного напряжения разрушения при растяжении; б) изолинии распределения предельной деформации разрушения при растяжении; в) изолинии распределения коэффициента теплопроводности

Совмещая графики, получаем нужную область для среднего радиуса включений и степени наполнения композиции, обеспечивающих попадание макрохарактеристик в заданные интервалы.

На рис. 4 полученный неправильный затемненный криволинейный «шестиугольник» и есть область значений, которые необходимы для получения заданных значений эффективных характеристик [7].

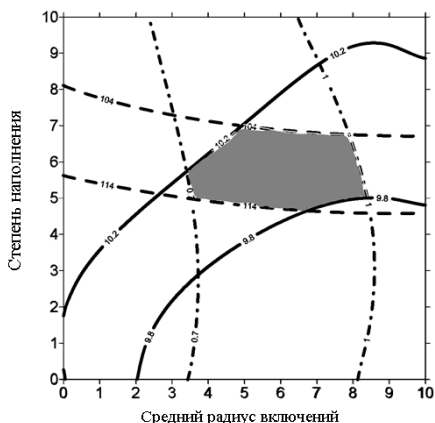


Рисунок 4. Область значений управляющих параметров

С формальной точки зрения любое сочетание управляющих параметров, попадающих в полученную область, дает решение поставленной задачи. В то же время, очевидно, что с практической точки

зрения следует придерживаться вариантов (точек), наиболее удаленных от границ области. Тогда при случайных отклонениях значений управляющих параметров от номинальных значений, не превосходящих расстояние до границы, результат будет соответствовать прогнозируемому варианту; в других случаях можно легко выйти за границу области.

Выводы

1. Разработанные и реализованные модели позволяют учитывать физико-механические свойства материала на разных уровнях анализа – от макроуровня, отвечающего детали в целом, до уровня, учитывающего наличие надмолекулярных структур в полимерной матрице. Это позволяет получить эффективные характеристики в зависимости от управляющих параметров, определяющих структурные особенности неоднородного материала.

2. Набор моделей представляет собой систему, в которой каждая следующая модель позволяет учитывать в соответствующем масштабе наличие новых структурных элементов, которые на предыдущем уровне либо не принимаются во внимание, либо заменяются средой с осредненными характеристиками.

3. Реализация моделей и анализ получаемых с их использованием результатов позволяют понять механизмы, приводящие к разрушению композитного материала под нагрузкой, и выработать рекомендации по улучшению деформационно-прочностных макрохарактеристик композиции.

4. Решением ряда прямых задач в пространстве состояний получается дискретный набор т.н. опорных точек, по которым можно построить поверхности отклика эффективных свойств материала на значения управляющих параметров. Анализ этих поверхностей делает возможным решение основной задачи компьютерного конструирования материала – получение материала с эффективными физико-механическими характеристиками, попадающими в заданные интервалы.

Список литературы:

1. Сегерлинд Л. // Применение метода конечных элементов. М.: Мир, 1979. 392с.
2. Люкшин Б.А., Панин С.В., Бочкарева С.А., Люкшин П.А., Матольгина Н.Ю., Осипов Ю.В. // Компьютерное конструирование наполненных полимерных композиций. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. 216 с.

3. Люкшин Б.А., Герасимов А.В., Кректулева Р.А., Люкшин П.А. // Моделирование физико-механических процессов в неоднородных конструкциях. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 272 с.
4. Анохина Н.Ю., Бочкарева С.А., Люкшин Б.А., Люкшин П.А., Панин С.В. // Механика композиционных материалов и конструкций. 2010. Т. 16, № 1, С. 97-105.
5. Панин С.В., Корниенко Л.А., Пирияон С., Иванова Л.Р., Шилько С.В., Плескачевский Ю.М., Орлов В.М. // Трение и износ, 2011, Т. 32, № 3, С. 271-276.
6. Люкшин Б.А., Панин С.В., Бочкарева С.А. и др. // Наполненные полимерные композиции. Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2014, 297 с.
7. Люкшин Б.А., Анисимов Е.А., Десятых В.И., Бочкарева С.А., Гришаева Н.Ю., Люкшин П.А., Панин С.В. Прогнозирование деформационно-прочностных свойств высоконаполненных полимерных систем. // Матеріали конференції. Міжнародна наукова конференція. Математичні проблеми технічної механіки – 2011. Дніпропетровськ, Дніпродзержинськ. 13-15 квітня 2011 р. с. 5-7.

КОМПЬЮТЕРНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Люкшин Борис Александрович

*д-р техн. наук, профессор,
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники,
РФ, г. Томск*

Гришаева Наталья Юрьевна

*канд. физ.-мат. наук, доцент,
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники,
РФ, г. Томск*

Козлова Лариса Алексеевна

*доцент, Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники,
РФ, г. Томск*

Панов Илья Леонидович
*инженер, Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники,
РФ, г. Томск*

Аннотация. В статье рассмотрена возможность компьютерного конструирования полимерных композиций путем решения задачи механики сплошной среды. Показана связь между свойством полимерных композиции и соответствующим им линиям уровней.

Ключевые слова: полимерные композиции; линии уровней; управляющие параметры.

Модификация свойств полимерных материалов является актуальной проблемой, и решение ее проводится различными способами. Наиболее распространенным и простым способом является так называемая структурная модификация, когда в полимерную матрицу вводятся армирующие добавки, не меняющие химическую природу полимера. Хотя армирование традиционно связывается в основном с изменением прочности, спектр свойств, которые можно менять таким путем, очень широк, и включает в себя, в частности, такие группы характеристик материалов, как деформационно-прочностные, теплофизические и электрофизические [1].

Изменение деформационно-прочностных свойств обычно делается введением волокон, реже компактных частиц. В последнем случае изменение возможно, как в сторону упрочнения, когда вводимые частицы прочнее материала матрицы, так и в сторону повышения деформативности, когда требуется получить, например, ударопрочные или морозостойкие композиты за счет введения армирующих добавок с более низкими прочностными свойствами.

Сложность одновременного изменения свойств из разных групп в нужных направлениях связана с тем, что в большинстве случаев направленное изменение одних свойств ведет к изменению других, причем не всегда в нужном направлении. Достаточно привести характерный пример в этом отношении: улучшить теплопроводность материала можно, вводя в качестве армирующих добавок порошки металлов с высокой теплопроводностью. Эксперименты показывают, что деформационно-прочностные характеристики при этом заметно ухудшаются.

Из обзора публикаций в научно-технической литературе следует, что основным способом получением новых композиций является экспериментальный, базирующийся на информации о прототипах и аналогах.

Способ требует больших материальных затрат, сложен в реализации, протяжен во времени, не гарантирует получения нужных свойств в заданных диапазонах.

Компьютерное моделирование наполненных композиций предполагает получение эффективных характеристик материалов по информации об управляющих параметрах – фазовом составе, внутренней геометрии, свойствах фаз, характере межфазного взаимодействия, технологических параметрах. Компьютерное конструирование решает обратную задачу – определение набора управляющих параметров, придающих заданные значения эффективным характеристикам. Очевидно, что компьютерное конструирование включает в себя моделирование как этап решения задачи. Использование компьютерного конструирования при разработке новых материалов позволяет оценить вклад различных управляющих параметров на свойства материала, понять физические процессы, происходящие в материале при этом. Рассмотрение возможности решения задачи механики сплошной среды для получения детальных характеристик полимерных композиций.

Для определения эффективных деформационно-прочностных свойств решается задача механики сплошной среды, когда проводится анализ напряженно-деформированного состояния (НДС) представительного объема неоднородного материала. Расчеты проводятся с использованием метода конечных элементов, реализующего вариационный принцип Лагранжа в форме метода перемещений. В расчетной области учитывается наличие односвязной области (полимерная матрица) и армирующих частиц. Расположение частиц в матрице определяется с помощью датчика случайных чисел, размеры частиц примерно одинаковы. На контакте реализуются различные условия – в одних случаях это идеальный контакт, предполагающий непрерывность перемещений и напряжений, в других реализован вариант с заданным уровнем адгезии, допускающий отрыв матрицы от включений. Результаты расчетов показывают известные эффекты, наблюдаемые в экспериментах – всплески напряжений вблизи контактных поверхностей, где скачком меняются свойства материалов, и локализация деформаций в матрице, более податливой по сравнению с армирующими частицами. Детальные распределения параметров НДС после применения процедур осреднения позволяют получить значения эффективных характеристик материала. Решением ряда задач при различных значениях управляющих параметров получается набор точек в пространствах состояний для каждой из эффективных характеристик, по которым можно построить соответствующие поверхности отклика. В работе это делается с использованием полиномов Лагранжа.

Расчет эффективных теплофизических свойств проводится в целом по такой же схеме: находятся детальные распределения температуры в задаче о распространении тепла по неоднородной среде, когда во внимание принимаются конкретные значения теплофизических свойств матрицы и армирующих частиц. В данном случае эти свойства являются одними из основных в числе управляющих параметров. За интегральные характеристики принимаются расстояние, на которое распространилось тепло от внешнего источника, или количество теплоты, накопленное в расчетной области. Для однородного тела сравнения получается, например, коэффициент теплопроводности из аналитического решения, когда используются полученные интегральные характеристики. Этот коэффициент принимается в качестве эффективной характеристики неоднородного материала. Далее в пространстве состояний по тому же правилу, что указано выше для деформационно-прочностных свойств, строится поверхности отклика коэффициента на значения управляющих параметров.

Электрофизическими характеристиками композиции являются диэлектрическая проницаемость и удельная электрическая проводимость. Задачи о параметрах электростатического поля решаются на основе уравнений Максвелла. После получения детальных распределений потенциала электрического поля осредненный, или эффективный, коэффициент диэлектрической проницаемости получается на основе сравнения энергии электростатического поля с энергией эквивалентного однородного материала. Энергия для неоднородного материала получается суммированием по отдельным ячейкам с учетом структуры материала и электрофизических свойств его структурных единиц (фаз).

Получение удельной электрической проводимости сводится к решению аналогичной задачи, отличающейся лишь матрицей физических коэффициентов конечного элемента – вместо произведений относительной диэлектрической проницаемости и электрической постоянной в первом случае используется проводимость во втором. В качестве критерия соответствия свойств однородного тела сравнения свойствам композита принимается равенство мощности тепловых потерь в проводниках.

Получение детальных распределений полей напряжений, деформаций и перемещений в первой группе задач, полей температуры во второй группе и потенциала электрического поля, напряженности поля в третьей группе делается на основе вариационных формулировок, реализуемых далее методом конечных элементов. Эффективные свойства материалов получаются с использованием условий равенства энергий деформаций в первом случае, теплоты во втором, энергии тепловых потерь в третьем.

На полученных поверхностях отклика эффективных свойств материала на значения управляющих параметров заданному значению свойства отвечает линия уровня в пространстве состояний. Если задаться диапазоном значений, получаем полосу. Когда число управляющих параметров равно двум – например, степень наполнения композита и средний размер армирующих включений, – в проекции этой полосы на плоскость управляющих параметров получаем их требуемый диапазон. Для другой характеристики получится другая полоса, а пересечение полос определит диапазон значений управляющих параметров, выводящих две характеристики в заданные интервалы.

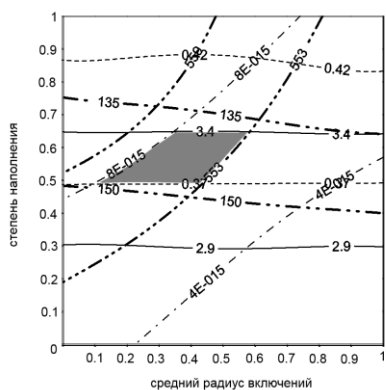


Рисунок 1. Область значений управляющих параметров

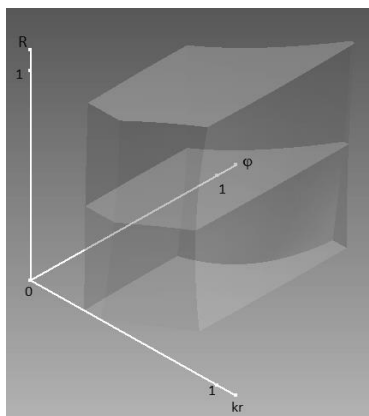


Рисунок 2. Область значений трех управляющих параметров (радиус включений R , степень наполнения φ , критерий отрыва включений от матрицы kr)

На рис. 1 приведен пример построения искомой области управляющих параметров как пересечение пяти полос. Это означает, что в заданные диапазоны выводятся одновременно пять характеристик материала: 1) коэффициент теплопроводности (пунктирные линии); 2) диэлектрическая проницаемость (жирные линии); 3) удельная электрическая проводимость (штрихпунктирные линии); 4) предельная деформация разрушения (пунктирные линии с двумя точками); 5) предельное напряжение (пунктирные линии с тремя точками).

Сочетание управляющих параметров в полученной области дает решение задачи. В приведенном примере не все ограничения на требуемые свойства являются активными. В реализации на практике

предпочтительны варианты, отвечающие точкам, наиболее удаленным от границ области, иначе при случайных возмущениях можно легко выйти за границу области.

Список литературы:

1. Сегерлинд Л. // Применение метода конечных элементов. М.: Мир, 1979. 392 с.

МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ СПЕЦИФИКАЦИЙ СИСТЕМ НА КРИСТАЛЛЕ

Печенко Иван Сергеевич

*соискатель ученой степени кандидата наук,
Московский технологический университет (МИРЭА),
РФ, г. Москва*

Петров Андрей Борисович

*д-р. техн. наук, проф.,
заведующий кафедрой Корпоративных информационных систем,
Московский технологический университет (МИРЭА),
РФ, г. Москва*

Аннотация. Архитектура современных программно-аппаратных комплексов, таких как системы на кристалле, чрезвычайно сложна, и существующие подходы к её верификации зачастую не могут обеспечить полной проверки корректности работы системы. Возникает потребность в новом подходе к созданию и использованию архитектурных спецификаций таких систем, который бы позволил начать их верификацию намного раньше. Данная работа представляет схему такого подхода, охватывающую как процесс создания спецификации, так и процесс проверки её корректности, и процесс её трансляции в формальные модели.

Ключевые слова: система на кристалле; архитектурная спецификация; верификация; автоматизация; шаблон; естественные языки; трансляция.

1. Введение

Сложность современных систем на кристалле ведёт к тому, что на первый план в процессе их проектирования выходит проблема верификации функциональных компонентов и процессов их взаимодействия. Возникает необходимость начинать верификацию как можно раньше в процессе проектирования, так как чем позже бывают обнаружены ошибки в системе, тем сложнее и дороже обходится их исправление [1, 2].

В практике проектирования вычислительных систем существует две основные методологии перехода от архитектурных спецификаций к исполняемым моделям. Первая из них предполагает, что созданием моделей занимается отдельная команда, которая получает готовую спецификацию системы, чаще всего представляющую собой набор текстов на естественных языках с добавлением некоторых более формализованных данных, и на её основе вручную создаёт модели на формальных языках. Основные сложности при использовании этой методологии заключаются в фундаментальных недостатках текстов на естественных языках, составляющих большую часть спецификаций: неполноте, неточности, двусмысленности, а также фрагментированности, особенно ярко выраженной в спецификациях наиболее сложных систем.

Вторая методология перехода от архитектурных спецификаций к исполняемым моделям системы предполагает, что архитекторы создают основную часть спецификации, используя формальные языки [3-5]. В этом случае возможно генерировать исполняемые модели напрямую из спецификаций системы, не прикладывая значительных дополнительных усилий. Однако эта методология имеет несколько серьёзных недостатков. Во-первых, на создание спецификации на формальных языках тратится значительно больше времени и усилий, чем на создание спецификации в виде текста, дополненного рядом схем, таблиц и диаграмм. Во-вторых, значительно усложняется использование такой спецификации в дальнейшем процессе проектирования, так как от всех потребителей спецификации теперь требуется владение формальными языками, которые использовались при создании спецификации.

2. Требования к предлагаемой методологии

В условиях постоянного повышения сложности проектируемых систем и диктуемого рынком сокращения времени, отведённого на их проектирование, возникает потребность в методологии, сочетающей преимущества описанных подходов и нивелирующей их недостатки. Эта методология должна позволять:

1) Повысить качество создаваемых спецификаций без существенных дополнительных усилий архитекторов системы и без использования в спецификациях формальных языков. Наилучшим ответом на это требование является использование частично формализованных моделей данных, таких как, например, диаграммы и таблицы, а также проведение валидации спецификаций и создание связей между ними непосредственно после их создания.

2) Автоматизировать процесс генерации формальных моделей или их частей из данных спецификации для её дальнейшего анализа и верификации.

3) Повысить эффективность и удобство повторного использования существующих спецификаций значительно ускоряет разработку архитектуры системы, а также позволяет избежать ошибок при создании спецификаций [6].

3. Схема предлагаемой методологии

Опираясь на процесс проектирования вычислительных систем в целом, нетрудно представить, как будет выглядеть процесс создания спецификаций и работы с ними. Общая схема предлагаемой методологии представлена на рис. 1. После подготовительных шагов, на которых определяется структура спецификации, создаются различные её фрагменты на основе разработанных моделей данных либо с нуля, либо с использованием данных из существующих спецификаций из прошлых проектов.

Первым шагом процесса создания спецификаций является определение структуры будущей спецификации и необходимого набора документов. Если для существующего процесса проектирования характерно отсутствие жёстких ограничений на форму представления данных в каждом документе спецификации, то для разрабатываемой методологии такие ограничения необходимы.

Наилучшим выбором с точки зрения методологии создания спецификаций является определение шаблонов представления данных, а также семантики такого представления для каждого типа спецификаций.

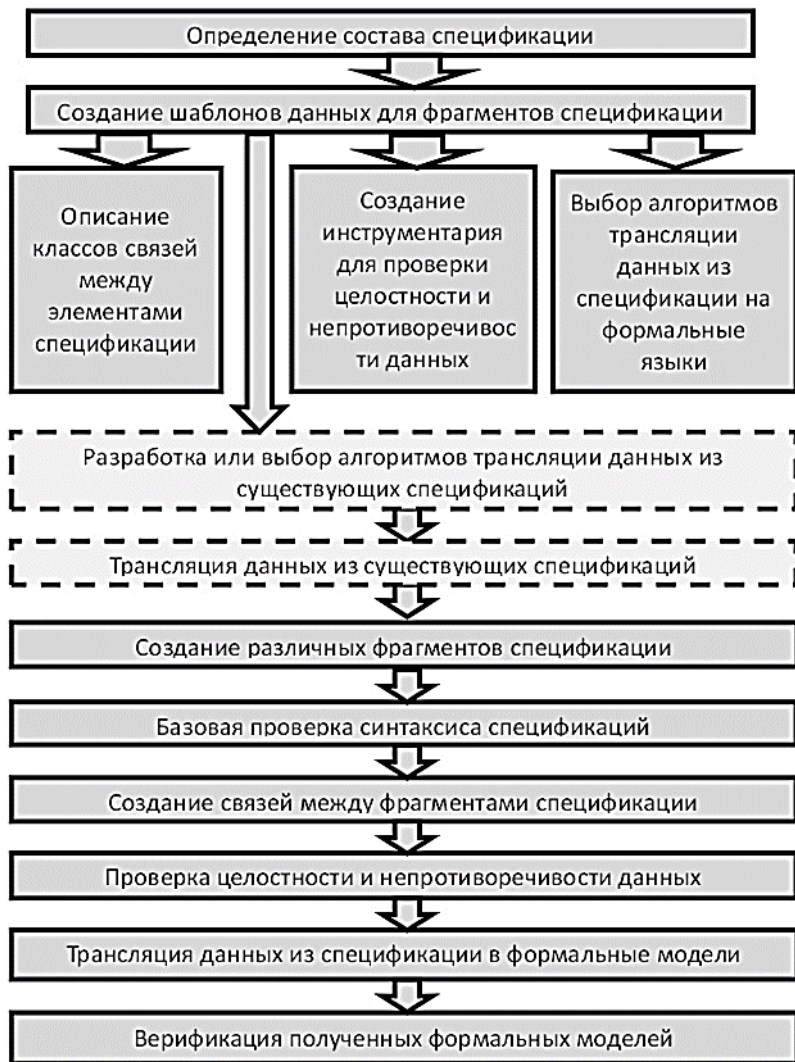


Рисунок 1. Общая схема предлагаемой методологии

Для использования данных из существующих спецификаций при создании новых в первую очередь необходимо разработать алгоритмы автоматической трансляции данных из формата источника в целевой формат. Чаще всего в таких источниках будут использоваться

рассмотренные в работе [7] форматы: естественные языки, диаграммы, таблицы и формальные языки, поэтому алгоритмы в первую очередь необходимо разрабатывать для таких форматов.

Затем применяется предусмотренный методологией механизм создания связей между фрагментами созданной спецификации и проводится базовая проверка коррекции полученной спецификации.

Создание связей между фрагментами спецификаций может происходить несколькими путями. Первый и самый простой из них предполагает непосредственное создание каждой ссылки между двумя элементами спецификации с помощью тех же инструментов, которые используются для заполнения данных спецификаций. Второй путь создания связей между фрагментами спецификации предполагает создание классов ссылок между ними по определённом признаку. Такие классы могут записываться в одном из специальных форматов, например, в виде кода на языке программирования или в виде XML-документа.

Процесс проверки корректности спецификаций может быть разделён на три этапа. Первый из них – базовая проверка синтаксиса спецификации. Второй этап – проверка целостности и непротиворечивости данных. Для его реализации необходимо на стадии создания шаблонов данных определить алгоритмы такой проверки. Последний же этап проверки корректности спецификации состоит в верификации формальной модели, построенной на её основе.

4. Заключение

В данной работе была предложена методология разработки спецификаций систем на кристалле, основанная на использовании заранее определённых моделей и шаблонов представления данных. Предложенная методология позволяет решить основные проблемы существующих архитектурных спецификаций: неточность и неполноту информации, а также её фрагментированность. В методологию входит несколько этапов проверки корректности спецификации, создание связей между её элементами, а также трансляция спецификации в формальные модели, позволяющая проводить формальную верификацию архитектуры системы раньше, чем при существующих подходах к проектированию.

Список литературы:

1. Lee Y.K., Kim N.H., Kim D., Lee D.H., In H.P. Customer Requirements Elicitation based on Social Network Service // KSTT Transactions On Internet And Information Systems. 2011. Vol. 5. N. 10. P. 1733-1750.
2. Keller T. Contextual Requirements Elicitation // Seminar in Requirements Engineering. Spring 2011. Department of Informatics, University of Zurich. – 2011.

3. Schliebusch O., Hoffmann A., Nohl A., Braun G., Meyr H. Architecture implementation using the machine description language LISA // Design Automation Conference, 2002. Proceedings of ASP-DAC 2002. 7th Asia and South Pacific and the 15th International Conference on VLSI Design. – 2002. - P. 239-244.
4. Hoffmann A., Nohl A., Braun G., Meyr H. A survey on modeling issues using the machine description language LISA // Acoustics, Speech, and Signal Processing. – 2001. - Vol. 2. - P. 1137-1140.
5. Barreteau A. System-Level Modeling and Simulation with Intel® CoFluent™ Studio // Complex Systems Design & Management. – 2016. - P. 305-306.
6. Thompson J., Heimdahl M., Erickson D. Structuring formal control systems specifications for reuse: Surviving hardware changes //Lfm2000: Fifth NASA Langley Formal Methods Workshop. – National Aeronautics and Space Administration, Langley Research Center, 2000. – Vol. 210100. – P. 117.
7. Печенко И.С. Способы представления спецификаций вычислительных систем: проблемы и возможности машинной обработки // Информационные технологии. – 2016. – Т. 22. - № 9. - С. 676-683.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА
АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ ОБИТАЕМЫХ
ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ
ФУНКЦИИ ГРИНА**

Сенчило Никита Дмитриевич
студент, Санкт-Петербургский Горный Университет,
РФ, г. Санкт-Петербург

**MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF
AUTOMATIC REGULATION OF DISTRIBUTED THERMAL
FIELDS OF HOST UNDERWATER APPARATUSS BASED
ON THE FUNCTION OF GREENE**

Nikita Senchilo
Saint-Petersburg Mining University,
Russia, Saint-Petersburg

Аннотация. Статья описывает процесс автоматического регулирования распределенных тепловых полей обитаемых подводных аппаратов, для которых данный параметр является одним из важнейших для обеспечения оптимального функционирования всего аппарата. Использование функции Грина для математического описания процесса позволяет получить достаточно точное регулирование распределенных температурным полем с учётом всех значительных для процесса факторов.

Abstract. The article describes the process of automatic regulation of distributed thermal fields of inhabited underwater vehicles, for which this parameter is one of the most important for ensuring optimal functioning of the whole apparatus. The use of the Green function for the mathematical description of the process makes it possible to obtain a sufficiently accurate control of the temperature-field distributions taking into account all the factors that are significant for the process.

Ключевые слова: автоматическое регулирование; математическая модель; подводные аппараты; функция Грина; распределенные системы управления.

Keywords and phrases: automatic control; mathematical model; underwater vehicles; Green function; distributed control systems.

Для рассмотрения процесса стабилизации температуры необходимо рассмотреть замкнутую систему регулирования, представленную в виде следующей структурной схемы (рис. 1):

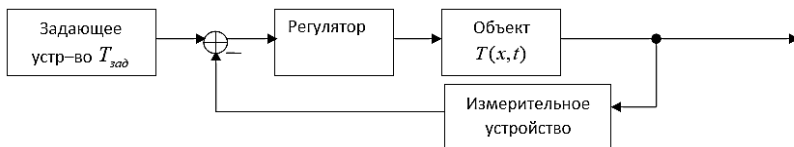


Рисунок 1. Структурная схема замкнутой системы регулирования

Для указанной выше модели рассмотрена математическая модель на основе функции Грина.

Граничные условия $u_0(t)$, $u_1(t)$ для одномерного объекта, представляют собой воздействия, изменяющиеся во времени t . Так и пространственно-временные воздействия. Основное отношение, связывающее выход объекта при заданном начальном состоянии с входными воздействиями, может быть представлено в форме:

$$\begin{aligned}
 Q(x, t) = & \int_{x_0}^{x_1} N_0(x, \xi, t) Q_0^{(0)}(\xi) d\xi \\
 & + \int_{x_0}^{x_1} N_1(x, \xi, t) Q_0^{(1)}(\xi) d\xi + \int_0^t \int_{x_0}^{x_1} G(x, \xi, t, \tau) f(\xi, \tau, u(\xi, \tau)) d\xi d\tau \\
 & + \int_0^t K_0(x, t, \tau) g_0(\tau, u_0(\tau)) d\tau + \int_0^t K_1(x, t, \tau) g_1(\tau, u_0(\tau)) d\tau, x \\
 & \in (x_0, x_1), t > 0;
 \end{aligned}$$

где: ξ и τ – переменные интегрирования по пространственной и временной координате [1].

Выход объекта $Q(x, t)$ связывается с внешними воздействиями f , g_0 , g_1 и начальным состоянием $Q_0(x)$ соответствующими ядрами интегральных операторов N_0, N_1, G, K_0, K_1 , отражающими внутренние свойства объекта по отношению к соответствующим входам. Из общей теории линейных уравнений в частных производных следует, что все эти ядра могут быть выражены в конечном виде только через одну из них – функцию Грина $G(x, \xi, t, \tau)$.

Если

$$Q_0^{(0)}(x) = Q_0^{(1)}(x) = 0 \quad x \in [x_0; x_1], g_0 = (x, u_0(t)) = g_1 = (x, u_1(t)) = 0$$

$$f(x, t, u(x, t)) = \delta(x - \xi_0) \delta(\tau - \tau_0),$$

то в соответствии со свойствами дельта-функции получим:

$$Q(x, t) = \int_0^t \int_{x_0}^{x_1} G(x, \xi, t, \tau) \delta(\xi - \xi_0) \delta(\tau - \tau_0) d\xi d\tau = G(x, \xi_0, t, \tau_0)$$

Таким образом, функция Грина $G(x, \xi_0, t, \tau_0)$ является решением краевой задачи:

$$\begin{aligned}
 A(x, t) \frac{\partial^2 Q}{\partial t^2} + A_1(x, t) \frac{\partial Q}{\partial t} \\
 = C(x, t) \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} + B_1(x, t) \frac{\partial Q}{\partial x} + C_1(x, t) Q + \delta(x - \xi_0) \delta(\tau - \tau_0);
 \end{aligned}$$

$$x_0 < x < x_1; t > 0;$$

$$Q(x; 0) = \frac{\partial Q(x; 0)}{\partial t} = 0; \quad x_0 \leq x \leq x_1;$$

$$\alpha(x_0, t)Q(x_0, t) + \beta(x_0, t) \frac{\partial Q(x_0, t)}{\partial x} = 0, t > 0;$$

$$\alpha(x_1, t)Q(x_1, t) + \beta(x_1, t) \frac{\partial Q(x_1, t)}{\partial x} = 0, t > 0;$$

Импульсная переходная функция стационарного блока примет вид:

$$G(x, \xi, t, \tau) = G(x, \xi, t - \tau).$$

В достаточно общем случае соотношении между выходом и входом для нелинейного блока принимает вид следующего нелинейного интегрального оператора:

$$Q(x, t) = \int_0^t \int_D P(x, \xi, t, \tau, w(\xi, t)) d\xi d\tau$$

В полученное интегральное уравнение относительно функции состояния нелинейного объекта в форме:

$$Q(x, t) = \int_0^t \int_D G(x, \xi, t - \tau) f(\xi, \tau) d\xi d\tau + \int_0^t \int_D M(x, \xi, t, \tau, Q(\xi, \tau)) d\xi d\tau;$$

$$M(x, \xi, t, \tau, Q(\xi, \tau)) = h(\xi, \tau, Q(\xi, \tau)) \int_0^t \int_D G(x, \eta, t - v) S(\eta, \xi, v, \tau) d\eta dv$$

Расчет температурного поля объекта для автоматического регулирования производится с использованием следующего соотношения [3]:

$$\begin{aligned}
 G(x_j, y_j, z_j, \rho, \nu, \vartheta, t) = & \sum_{i=1}^d \frac{8}{L_1 \cdot L_2 \cdot L_3} \cdot \sum_{k,m,n=1}^{\infty} \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot x_j}{L_1}\right) \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot y_j}{L_2}\right) \times \\
 & \times \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \rho_i}{L_1}\right) \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \nu_i}{L_2}\right) \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot z_j}{L_3}\right) \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \vartheta_i}{L_3}\right) \times \\
 & \times \exp\left[-a^2 \pi^2 \cdot t \cdot \left(\frac{k^2}{L_1^2} + \frac{m^2}{L_2^2} + \frac{n^2}{L_3^2}\right)\right] \cdot \sum_p \sum_{k,m,n=1}^{\infty} \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot x_j}{L_1}\right) \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot y_j}{L_2}\right) \times \\
 & \times \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot z_j}{L_3}\right) \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \rho_{z(p)}}{L_1}\right) \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \nu_{z(p)}}{L_2}\right) \times \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \vartheta_{z(p)}}{L_3}\right) \times \\
 & \times \exp\left[-a^2 \pi^2 \cdot (t - \tau) \cdot \left(\frac{k^2}{L_1^2} + \frac{m^2}{L_2^2} + \frac{n^2}{L_3^2}\right)\right].
 \end{aligned}$$

Данное выражение определяет поведение объекта в начальный момент времени. Формула позволяет проанализировать поведение объекта при максимальной амплитуде импульса воздействия, так как объект в начальный момент времени находится в состоянии покоя.

Функция определяющая момент первого включения управляющего воздействия τ_1 в некоторый момент времени t будет определяться как одна из составляющих ряда Фурье:

$$\begin{aligned}
 T(x, y, z, t) = & \frac{8}{l_1 l_2 l_3} \exp\left[-a^2 \pi^2 t \left(\frac{1}{l_1^2} + \frac{1}{l_2^2} + \frac{1}{l_3^2}\right)\right] \cdot \sin \frac{\pi}{l_1} x \cdot \sin \frac{\pi}{l_2} y \cdot \sin \frac{\pi}{l_3} z \times \\
 & \times \sum_{i=1}^d \sin \frac{\pi}{l_1} \rho_i \cdot \sin \frac{\pi}{l_2} \nu_i \cdot \sin \frac{\pi}{l_3} \vartheta_i
 \end{aligned}$$

И, принимая $T(x, y, z, t) = T_{zad}$, которое необходимо для обеспечения устойчивости системы, получим:

$$\begin{aligned}
 & \exp\left[-a^2 \pi^2 t \left(\frac{1}{l_1^2} + \frac{1}{l_2^2} + \frac{1}{l_3^2}\right)\right] = \\
 & = \frac{l_1 l_2 l_3 T_{zad}}{8 \sin \frac{\pi}{l_1} x_{kr} \sin \frac{\pi}{l_2} y_{kr} \sin \frac{\pi}{l_3} z_{kr} \sum_{i=1}^d \sin \frac{\pi}{l_1} \rho_i \sin \frac{\pi}{l_2} \nu_i \sin \frac{\pi}{l_3} \vartheta_i}
 \end{aligned}$$

Полагая, что для данного уравнения присущи следующие равенства $x_{kr} = \rho_1$, $y_{kr} = \nu_1$, $z_{kr} = \mathcal{G}_1$ и обозначив время $t = \tau_1$, получим:

$$a^2 \pi^2 \left(\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} + \frac{1}{l_3} \right) \tau_1 = \ln \left(\frac{8 \sin \frac{\pi}{l_1} \rho_1 \sin \frac{\pi}{l_2} \nu_1 \sin \frac{\pi}{l_3} \mathcal{G}_1 \sum_{i=1}^N \sin \frac{\pi}{l_1} \rho_i \sin \frac{\pi}{l_2} \nu_i \sin \frac{\pi}{l_3} \mathcal{G}_i}{l_1 l_2 l_3 T_{zad}} \right);$$

откуда:

$$\tau_1 = \frac{1}{a^2 \pi^2 \left(\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} + \frac{1}{l_3} \right)} \ln \left(\frac{8 \sin \frac{\pi}{l_1} \rho_1 \sin \frac{\pi}{l_2} \nu_1 \sin \frac{\pi}{l_3} \mathcal{G}_1 \sum_{i=1}^N \sin \frac{\pi}{l_1} \rho_i \sin \frac{\pi}{l_2} \nu_i \sin \frac{\pi}{l_3} \mathcal{G}_i}{l_1 l_2 l_3 T_{zad}} \right)$$

Аналогичным способом найдем место включения управляющего воздействия, которое согласно допускам указанным выше будет иметь вид:

$$\sin \left(\frac{k \cdot \pi \cdot x}{l_1} \right) = \frac{4}{l_1 \cdot l_2} \cdot \sum_{k,m=1}^{\infty} \sin \left(\frac{m \cdot \pi \cdot y}{l_2} \right) \cdot \sin \left(\frac{k \cdot \pi \cdot \rho}{l_1} \right) \cdot \sin \left(\frac{m \cdot \pi \cdot \nu}{l_2} \right) \times \exp \left[-a^2 \pi^2 \cdot t \cdot \left(\frac{k^2}{l_1^2} + \frac{m^2}{l_2^2} \right) \right]$$

$$G(x, y, \rho, \nu, t)$$

$$x = \arcsin \frac{4}{l_1 \cdot l_2} \cdot \sum_{k,m=1}^{\infty} \sin \left(\frac{m \cdot \pi \cdot y}{l_2} \right) \cdot \sin \left(\frac{k \cdot \pi \cdot \rho}{l_1} \right) \cdot \sin \left(\frac{m \cdot \pi \cdot \nu}{l_2} \right) \times \exp \left[-a^2 \pi^2 \cdot t \cdot \left(\frac{k^2}{l_1^2} + \frac{m^2}{l_2^2} \right) \right] \cdot \left(\frac{l_1}{k \cdot \pi} \right)$$

$$G(x, y, \rho, \nu, t)$$

Аналогично:

$$y = \frac{l_2}{\pi} \cdot \arcsin \frac{8}{l_1 l_2 l_3} \exp \left[-a^2 \pi^2 t \left(\frac{1}{l_1^2} + \frac{1}{l_2^2} + \frac{1}{l_3^2} \right) \right] \cdot \sin \frac{\pi}{l_1} x \cdot \sin \frac{\pi}{l_3} z \cdot \sum_{i=1}^d \sin \frac{\pi}{l_1} \rho_i \cdot \sin \frac{\pi}{l_2} \nu_i \cdot \sin \frac{\pi}{l_3} \mathcal{G}_i$$

$$T(x, y, z, t)$$

$$z = \frac{l_3}{\pi} \cdot \arcsin \frac{8}{l_1 l_2 l_3} \exp \left[-a^2 \pi^2 t \left(\frac{1}{l_1^2} + \frac{1}{l_2^2} + \frac{1}{l_3^2} \right) \right] \cdot \sin \frac{\pi}{l_1} x \cdot \sin \frac{\pi}{l_2} y \cdot \sum_{i=1}^d \sin \frac{\pi}{l_1} \rho_i \cdot \sin \frac{\pi}{l_2} \nu_i \cdot \sin \frac{\pi}{l_3} \mathcal{G}_i$$

$$T(x, y, z, t)$$

Для наглядного отображения результатов аналитического исследования был реализован блок управления температурным полем (рис. 2) на печатной плате, который для упрощения анализа представлен с использованием средств программного пакета Multisim. Блок управления посылает управляющее воздействие на приборы регулирования температуры, которые обозначены на схеме R3 и R4, при определенных значениях температурного поля объекта:

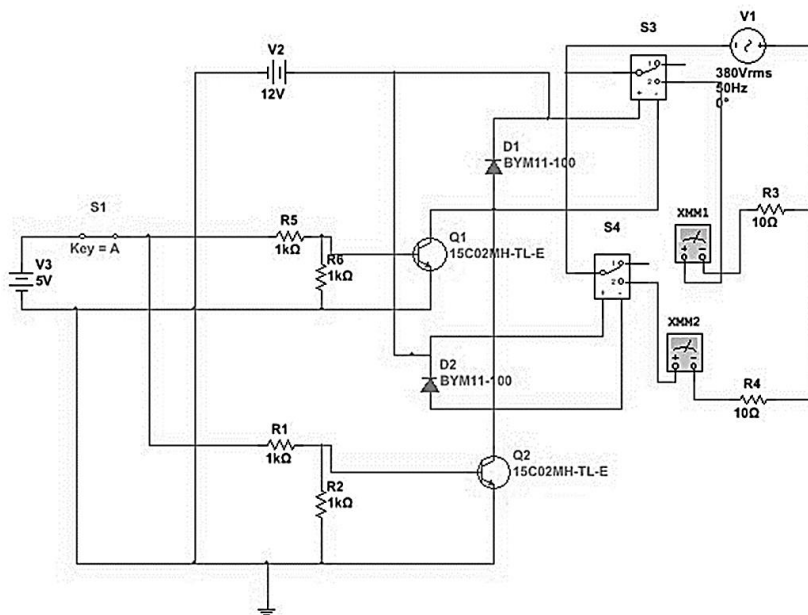


Рисунок 2. Электронная схема САУ

Выводы о проведенном исследовании:

В статье реализована математическая модель системы автоматического регулирования распределенного температурного поля на основе функции Грина, которая математически описывает пространственно-временные взаимодействия параметров в процессе регулирования. Также реализован отдельный аспект системы управления в виде электронной схемы САУ на основе проведенного аналитического исследования.

Список литературы:

1. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1972. – 736 с.
2. Чернышев А.Б. Исследование нелинейных распределённых систем управления температурными полями. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. Спец. выпуск Математическое моделирование и компьютерные технологии. – Новочеркасск, 2004. – С. 57-60.
3. Першин И.М. Анализ и синтез систем с распределёнными параметрами. – Пятигорск: Изд-во РИА-КМВ, 2007. – 244 с.
4. Ильюшин Ю.В. Стабилизация температурного поля туннельных печей конвейерного типа. Научно технические ведомости СПбГПУ. -2011.- № 3(126). С 67-72.
5. Чернышев А.Б. Ильюшин Ю.В. Определение шага дискретизации для расчета теплового поля трехмерного объекта управления // Изв. Южного федерального университета № 6. - Таганрог, 2011. С 192-200.
6. Чернышев А.Б. Ильюшин Ю.В. Устойчивость распределённых систем с дискретными управляющими воздействиями // Изв. Южного федерального университета № 12. - Таганрог, 2010. С 166-171.
7. Душин С.Е., Зотов Н.С., Имаев Д.Х. и др. Теория автоматического управления. // Под ред. В.Б. Яковлева. – М.: Высшая школа, 2003. – 567 с.
8. Чернышев А.Б., Антонов В.Ф., Шураков Д.Л. Система стабилизации температурного поля в процессе утилизации тепла при контактной сварке. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2010. – № 6 (113). – С. 151-155.

1.3. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ

Удалов Андрей Александрович

*аспирант кафедры металлургических и роторных машин,
ФГАОУ ВО «Уральский Федеральный Университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
РФ, г. Екатеринбург*

Чукавин Иван Сергеевич

*магистрант кафедры материаловедения и основ конструирования,
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,
РФ, г. Киров*

Удалов Александр Викторович

*канд. техн. наук,
доц. кафедры материаловедения и основ конструирования,
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,
РФ, г. Киров*

THE MANUFACTURABILITY OF METALS AND ALLOYS IN THE PROCESSING OF PRESSURE

Andrey Udalov

*graduate student of the department of metallurgical and rotary machines,
FGAOU VO "Ural Federal University
named after the first President of Russia B.N. Yeltsin",
Russia, Ekaterinburg*

Ivan Chukavin

*graduate student
of the department of materials science and basics of construction,
FGBOU VO "Vyatka State University",
Russia, Kirov*

Alexander Udalov

*candidate of technical sciences, associate professor
of the department of materials science and basics of construction,
FGBOU VO "Vyatka State University",
Russia, Kirov*

Аннотация. Технологичность и обрабатываемость металла при обработке давлением зависит от многих факторов, что в значительной степени затрудняет использование стандартных механических характеристик для оценки пластичности металла в конкретных условиях деформирования. Данное обстоятельство, вынуждает при проектировании технологических процессов обработки давлением учитывать все факторы, влияющие на пластичность металла. В представленной статье выполнен анализ влияния основных факторов на пластичность металлов, и обозначены направления повышения пластичности в процессах обработки давлением.

Abstract. The manufacturability and workability of metal in the processing by pressure depends on many factors, which greatly complicates the use of standard mechanical characteristics to assess the ductility of the metal under specific deformation conditions. This circumstance forces us to take into account all the factors affecting the plasticity of the metal when designing the technological processes of pressure treatment. In the presented article the analysis of the influence of the main factors on the plasticity of metals is carried out, and the directions of increasing plasticity in the processes of pressure treatment are indicated.

Ключевые слова: металлы; пластичность; напряжения; деформации; показатель пластичности; наклеп; плоскость скольжения.

Keywords: metals; plasticity; stresses; deformations; plasticity index; hardening; sliding plane.

Технологичность материала заготовки, в процессах обработки металлов давлением (ОМД), играет особую роль. Более технологичный металл заготовки позволяет снизить энергосиловые параметры процесса ОМД, повысить его производительность и качество выпускаемой продукции. Технологичность часто заменяют эквивалентным понятием – обрабатываемость, которая устанавливает фактическое изменение свойств металла после обработки давлением. Обрабатываемость в процессах ОМД зависит, прежде всего, от пластичности металла.

Пластичность – способность металла, под действием внешних сил, получать значительные пластические деформации без появления

макроразрушений (например, в виде трещин). Количественной характеристикой пластичности, обычно является, предельная степень деформации, накопленная к моменту появления макроразрушений при данных деформационных условиях. Пластическая деформация возникает, когда интенсивность касательных напряжений возникающих в металле заготовки в процессе ОМД достигает значения предела текучести на сдвиг и протекает, в дальнейшем, под действием сдвигающих напряжений.

Поддержание пластичности металла на уровне, обеспечивающем получение деталей требуемой точности и без технологических дефектов, является основной задачей при проектировании процессов ОМД. Такая задача может быть решена, если будут использованы все методы повышения пластичности металла заготовки.

Пластичность металлов не является постоянным свойством, т. к. зависит от многих факторов к числу которых относятся:

- химический состав;
- кристаллическое строение металла;
- схема напряженного состояния металла в очаге деформации при обработке давлением;
- степень деформации и интенсивность упрочнения металла в процессе обработки давлением;
- скорость деформации металла в процессе обработки давлением;
- масштабный фактор;
- температура металла в процессе обработки давлением или эксплуатации.

Пластичность металлов оценивают качественными и количественными характеристиками. Стандартными характеристиками пластичности черных и цветных металлов являются относительное удлинение δ и относительное сужение ψ , которые определяют с помощью испытаний на растяжение лабораторных образцов в соответствии с ГОСТ 1497 – 84. Чем больше δ и ψ , тем пластичнее металл и большую степень деформации может получить заготовка, без появления макроразрушений, за одну технологическую операцию.

К характеристикам пластичности относится предел текучести σ_T металлов, возрастание которого может иметь положительные и отрицательные последствия. Например, высокие значения предела текучести металла положительно влияют на прочность элементов конструкций. Наоборот, в процессах обработки давлением, высокие значения предела текучести и его возрастание вызванное наклепом металла, приводит к значительному увеличению сил необходимых для

осуществления процесса пластической деформации и снижению ресурса пластичности металла.

Основным недостатком стандартных характеристик пластичности (δ , ψ и σ_T) является то, что они характеризуют способность металла к пластическому деформированию в процессах обработки давлением, протекающих по схемам напряженного состояния близких к той, при которой они определены. Например, относительное удлинение δ образца, полученное при испытании на растяжение, характеризует способность металла к линейному растяжению. Данное обстоятельство в значительной степени затрудняет использование стандартных характеристик для оценки пластичности металла в конкретных условиях деформирования. Поэтому, для каждой группы процессов обработки давлением, протекающих по одной схеме напряженного состояния, целесообразно использовать свой показатель пластичности, а испытания проводить в условиях максимально приближенных к реальному процессу ОМД.

У пластичных металлов для оценки пластичности обычно используют относительное сужение ψ металла. Например, в процессахковки и объемной штамповки для оценки способности металла получать пластические деформации без разрушения введена технологическая характеристика – **ковкость**, которая определяется по формуле [7, с. 160],

$$K_{\psi} = \frac{\psi}{\sigma_{\sigma}}$$

где K_{ψ} – ковкость;

ψ – относительное сужение, %;

σ_{σ} – предел прочности, соответствующий конкретной температуре нагрева, материала заготовки, МПа.

Ковкость оценивают по пятибальной шкале (табл. 1)

Таблица 1.

Пятибальная шкала ковкости [7, с. 160]

Балл	K_{ψ} , %/МПа	Ковкость
1	Менее 0,01	Не куется
2	0,01...0,3	Низкая
3	0,31...0,8	Удовлетворительная
4	0,81...2	Хорошая
5	2,1 и выше	Отличная

В процессах ротационной вытяжки пластичность сталей оценивают степенью деформации ε , которая для данного металла и условий обработки не должна превышать предельного значения [3, с. 64]

$$\varepsilon \leq \varepsilon_{\text{пр}},$$

где: $\varepsilon_{\text{пр}}$ – предельная степень деформации;

$$\varepsilon = \frac{t_o - t}{t_o} \text{ – степень деформации,}$$

где: t_o и t – соответственно, толщина стенки заготовки до и после вытяжки, мм.

Предельную степень деформации при ротационно вытяжке стальных заготовок определяют по эмпирической формуле [3, с. 65]

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{\psi}{0,17 + \frac{\psi}{100}}.$$

В работе [10] предложен способ количественной оценки обрабатываемости металлов по результатам стандартных методов испытаний.

Отсутствие единого общего показателя пластичности затрудняет определение способности металла или сплава к пластической деформации в конкретных деформационных условиях, поэтому необходимо всегда рассматривать комплекс данных по механическим характеристикам.

Влияние химического состава на пластичность сталей. Наибольшей пластичностью обладают химически чистые металлы. Реальные металлы содержат примеси, которые, как правило, снижают пластичность.

Углерод оказывает самое сильное влияние на пластичность сталей (Рисунок 1, а). Повышение содержания углерода в сталях снижает ее пластичность за счет роста в структуре содержания цементита, а прочностные характеристики при этом возрастают, но только до 0,8 % углерода. При увеличении содержания углерода в стали более 0,8 % прочность и пластичность снижаются [9, с. 127-128].

Влияние на пластичность постоянных примесей (сера, фосфор, марганец и кремний) на свойства сталей [6, с. 163].

Сера является вредной примесью, т. к. снижает пластичность и вязкость сталей, а также вызывает красноломкость при прокатке и ковке. Содержание серы в сталях допускается 0,06 %. Содержание серы для высококачественных сталей не должно превышать 0,03 %.

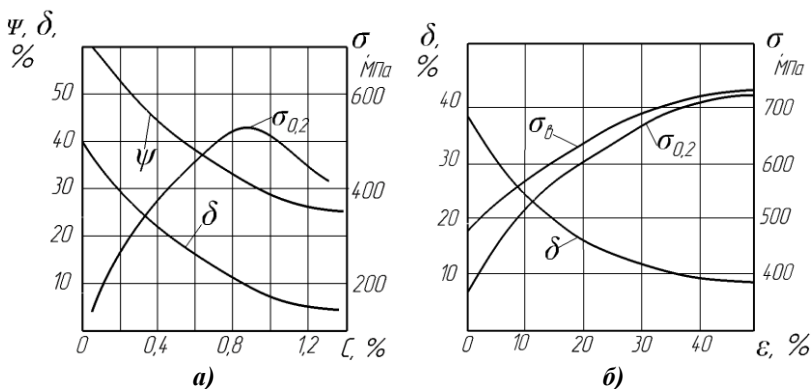
Сера образует с железом сульфид железа (FeS), который располагается по границам зерен стали и способствует ее красноломкости. Вредное влияние серы компенсируется введением в состав стали марганца. Марганец образует с серой сульфид марганца ($FeS + Mn \rightarrow MnS + Fe$), имеющего высокую пластичность и температуру плавления выше температуры горячей деформации.

Сульфид марганца не влияет на свойства стали в направлении вдоль прокатки, но примерно в 2 раза, снижает пластические свойства поперек прокатки, т. е. увеличивает анизотропию свойств.

Фосфор является вредной примесью, т. к. растворяясь в феррите уменьшает его пластичность и вызывает хладноломкость. Содержание фосфора в сталях, выплавленных в основной мартеновской печи, не превышает 0,04 %, а в электропечах 0,02 %. Стали, выплавленные на первородной шихте без использования скрапа (лома), основного источника примесей, очень чистые по сере и фосфору [6, с. 303].

Марганец и кремний являются полезными примесями.

Марганец вводят в любую сталь для устранения вредных примесей закиси железа ($FeO + Mn \rightarrow MnO + Fe$) и сернистых соединений железа, в количестве до 0,8 %. Кремний добавляют в сталь в количестве до 0,4 % для раскисления ($2FeO + Si = 2Fe + SiO_2$) и упрочнения стали. Марганец и кремний, способствуя упрочнению сталей, снижают их пластичность и вязкость.



Примечание: σ_b – предел прочности; $\sigma_{0,2}$ – условный предел текучести.

Рисунок 1. Влияние содержания углерода (а) и степени деформации (б) на механические характеристики сталей.

Влияние на пластичность сталей легирующих элементов [9, с. 179]

Легирующие стали различными элементами (*Cr, Ni, Mo, W, V, Cu, Al, Ni, Mn, Si*), в сочетании с термической обработкой, обеспечивает повышение прочности и вязкости по сравнению с углеродистой сталью. При этом, как правило, прочность и твердость повышается, а пластичность падает. Исключением является никель, и в меньшей степени хром, которые наряду с высокой прочностью обеспечивают стали пластичность и вязкость. Интенсивность влияния легирующего элемента, на изменение свойств стали, зависит от того, как сильно различаются атомные размеры железа и легирующего элемента.

Влияние на пластичность сталей скрытых примесей – кислорода, азота и водорода [9, с. 129]. Присутствие скрытых примесей снижает пластичность и вязкость сталей. Эффективным методом снижения влияния скрытых примесей является вакуумирование при выплавке и разливке стали [6, с. 169 – 170].

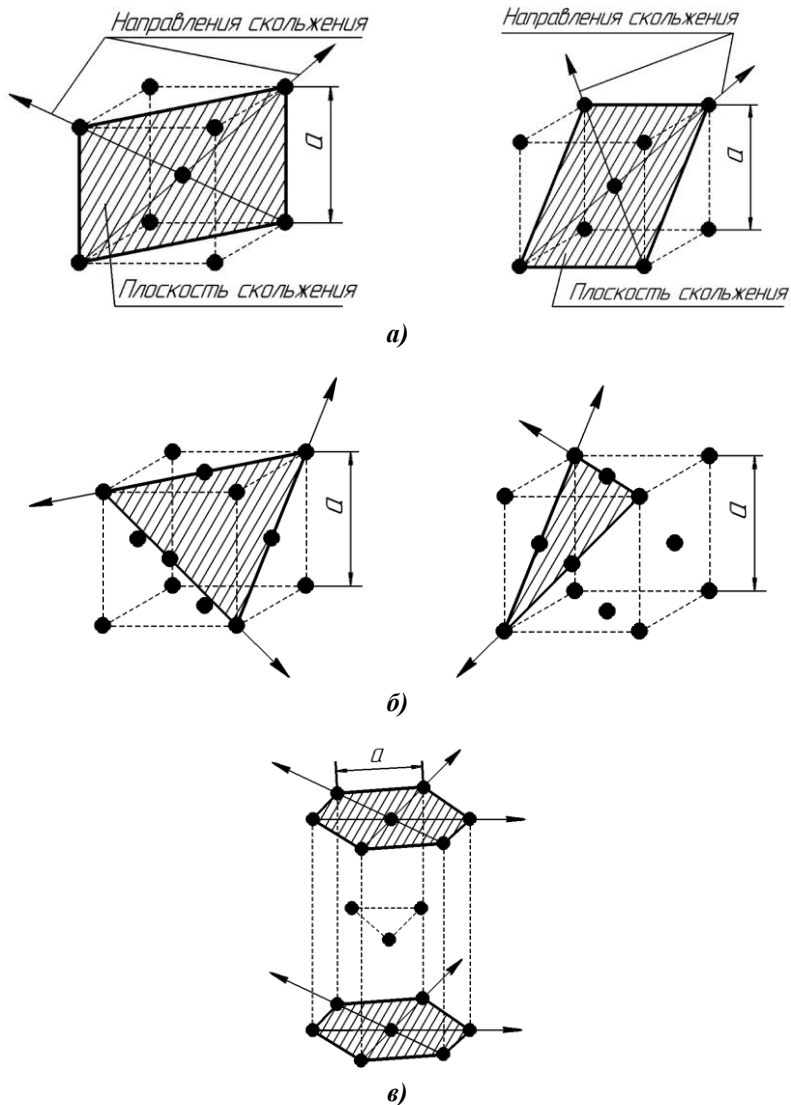
Влияние типа кристаллической решетки на пластичность металлов.

Существует три типа кристаллических решеток: [6, с. 22 – 25] объемноцентрированная кубическая (*Cr, Fe_α, V, Na, K, Mo, W, Ti_β, Nb*), гранецентрированная кубическая (*Ni, Cu, Al, Ag, Fe_γ, Pt, Pb, Au*), гексагональная плотноупакованная (*Mg, Zn, Be, Cd, Ti_α* и редкоземельные металлы).

Пластическая деформация и соответствующие ей сдвиговые деформации в кристаллической решетке осуществляются по плоскостям и в направлениях с наиболее плотной упаковкой атомов. Такие плоскости (направления) называются плоскостями скольжения и зависят от типа кристаллической решетки. Плоскости скольжения и направления скольжения совпадающие с плоскостью наименьшего сопротивления перемещению дислокаций образуют систему скольжения.

У металлов с объемноцентрированной кубической решеткой (Рисунок 2, а) имеются 6 плоскостей скольжения типа (110) и в каждой из них по 2 направления скольжения типа [111]. Число систем скольжения будет равно $6 \cdot 2 = 12$.

В металлах с гранецентрированной кубической решеткой (Рисунок 2, б) имеется 4 плоскости скольжения типа (111) и в каждой из них по три направления скольжения типа [110]. Число систем скольжения будет равно $4 \cdot 3 = 12$.



Примечание: a – период (параметр) кристаллической решетки.

Рисунок 2. Плоскости скольжения и направления скольжения для разных кристаллических решеток: а) объемноцентрированная кубическая; б) гранецентрированная кубическая; в) гексагональная плотноупакованная

В металлах с гексагональной плотноупакованной кубической решеткой (рис. 2, в) есть только одна плоскость скольжения типа (0001), в которой есть три направления скольжения типа [1120]. Число систем скольжения будет равно $1 \cdot 3 = 3$.

Чем больше систем скольжения в кристаллической решетке, тем выше пластичность металла. Холодная пластическая деформация металлов с объемноцентрированной и гранецентрированной кубической решеткой осуществляется, в основном, путем скольжения, а с гексагональной плотноупакованной кубической решеткой двойникованием [1, с. 22].

Влияние на пластичность металлов степени деформации в процессе ОМД. Пластическое формоизменение при степенях деформации не превышающих предельные сопровождается повышением прочности и твердости металла, что объясняется появлением в структуре металла дислокаций. Данное явление называется наклепом металла или нагартовкой. При наклепе пластичность металла в значительной степени снижается. С целью установления влияния наклепа на характеристики пластичности и прочности выполняют построение кривых упрочнения. Для этого, наиболее часто, используют метод двухстадийного нагружения образцов [13]. Примеры графических зависимостей характеристик пластичности и прочности от степени деформации, для стали 20, показаны на рисунке 1, б [13, с. 117].

С целью устранения последствий наклепа и восстановления пластичности металла выполняют межоперационный рекристаллизационный отжиг. Приближенное значение температуры начала (порога) рекристаллизации металлов и сплавов определяют по формуле А.А. Бочвара [12, с. 201]

$$T_{рек} = a_1 \cdot T_{пл} ,$$

где: $T_{рек}$, $T_{пл}$ – соответственно, абсолютные температуры начала рекристаллизации и плавления;

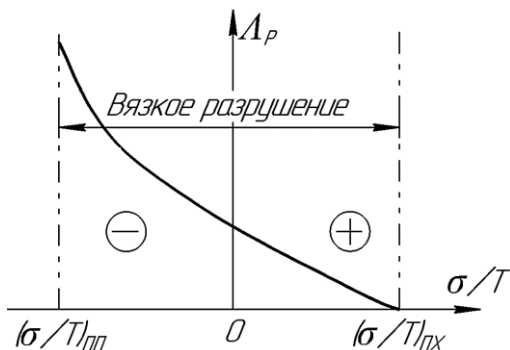
a_1 – коэффициент, учитывающий степень чистоты металла, размер зерна до деформации, степень предварительной пластической деформации и т. д.

Ориентировочно коэффициент a_1 принимают следующим образом: $a_1 = 0,1-0,2$ – для металлов очень высокой чистоты; $a_1 = 0,4$ – для технически чистых металлов; $a_1 = 0,5-0,8$ – для твердых растворов.

В процессе рекристаллизации в деформированном металле образуются новые зерна, снимаются внутренние напряжения и восстанавливается пластичность металла.

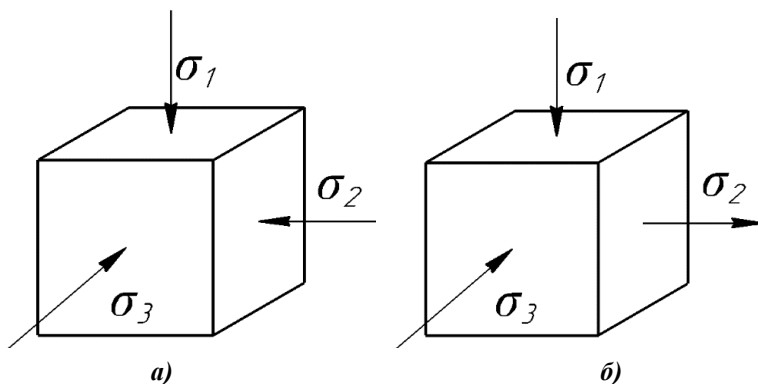
Влияние напряженного состояния в очаге деформации на пластичность сталей. Различают линейное, плоское и объемное напряженное состояние тела. В технологических процессах ОМД используют схемы напряженного состояния, обеспечивающие металлу наибольшую пластичность. Пластичность металла, в данном случае, оценивают показателем напряженного состояния σ/T , который равен отношению среднего нормального напряжения σ к интенсивности касательных напряжений T .

Количественной мерой пластичности является предельная степень деформации сдвига Λ_p , соответствующая моменту разрушения. По результатам испытаний лабораторных образцов строятся диаграммы пластичности (Рисунок 3) $\Lambda_p = f(\sigma/T)$, которые используют для определения предельных степеней деформации металла [1, с. 132]. Из диаграммы пластичности следует, что с ростом отрицательного значения показателя напряженного состояния σ/T предельная степень деформации сдвига Λ_p увеличивается. Область диаграммы пластичности, расположенная с левой стороны границы $(\sigma/T)_{III}$ соответствует неограниченной пластичности стали. Область диаграммы пластичности, расположенная с правой стороны границы $(\sigma/T)_{IIХ}$ соответствует абсолютной хрупкости стали. Таким образом, наибольшую пластичность металлу обеспечивают схемы объемного напряженного состояния, в которых преобладают напряжения сжатия. Например, схема неравномерного всестороннего сжатия (Рисунок 4, а) присутствует в технологических операциях прокатки, ковки, прессования, выдавливания, ротационной вытяжки по обратному способу, что обеспечивает металлу повышенную пластичность.



Примечание: $(\sigma/T)_{ПХ}$ – показатель напряженного состояния, соответствующий порогу хрупкости; $(\sigma/T)_{ПП}$ – показатель напряженного состояния, соответствующий порогу неограниченной пластичности.

Рисунок 3. Диаграмма пластичности металла



Примечание: $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – главные нормальные напряжения

Рисунок 4. Схемы объемного напряженного состояния:
а) схема неравномерного всестороннего сжатия; б) схема с двумя сжимающими и одним растягивающим главными нормальными напряжениями

В таблице 2 представлены показатели напряженного состояния σ/T , соответствующие типовым процессам ОМД [2, с. 37]. Из таблицы видно, что из представленных процессов наибольшую пластичность металлу могут обеспечить прокатка листа и гидропрессование круглых прутков.

Таблица 2.

Значения показателя напряженного состояния σ/T

№ пп	Способ ОМД	σ/T
1	Волочение проволоки	-1,15...0,50
2	Волочение труб на оправке	-1...0,40
3	Безоправочное волочение труб	-0,58...0,40
4	Гидропрессование круглых прутков	-6...1,15
5	Валковое редуцирование труб	-1...-0,58
6	Прокатка труб на станах ХПТ	-3,5...0,58
7	Прокатка листа	-5...-1

Влияние температуры нагрева на пластичность металла в процессе ОМД. Горячая пластическая деформация сопровождается повышением пластических свойств металла, снижением сопротивления деформации и, соответственно, снижением энергетических затрат. При горячем деформировании параллельно протекают два противоположных процесса – упрочнение и разупрочнение. Разупрочнение происходит в результате процессов возврата и рекристаллизации. Температурный интервал горячего деформирования выбирают таким образом, чтобы скорость протекания рекристаллизации превышала скорость упрочняющих процессов. Эффект разупрочняющих процессов усиливается при повышении температуры нагрева, уменьшении скорости и степени деформации. Начальная температура горячего деформирования должна быть ниже температуры плавления металла $T_{пл}$, а конечная выше температуры рекристаллизации $T_{рек}$. Например для углеродистых сталей, верхний предел температуры нагрева ограничивают явлениями перегрева и пережога и устанавливают на 100-150°C ниже линии солидуса на диаграмме состояния, а температуру конца деформирования принимают на 50-100°C выше температуры рекристаллизации [12, с. 500]. Допустимые температурные интервалы горячей обработки давлением для некоторых сталей приведены в таблице 3.

Таблица 3.

**Температурные интервалы горячей обработки
давлением [8, с. 153]**

Марка стали	Температурный интервал, °С
Ст0, Ст3, Сталь 10	1300...750
45, 40Х, 35ХГСА, 10Г2, 40ХФА	1250...800
08Х18Н10Т, 20Х23Н18	1220...950
12Х18Н10Т, 40Х9С2, 08Х13, Р18	1200...850
У7А, ХГВ, 50ХПА	1180...800
ШХ15, 9ХС, 90ХМФ, 12Х21Н5Т	1180...800

Влияние скорости деформации на пластичность металла в процессах ОМД. Скорость деформации – изменение степени деформации в единицу времени. Влияние скорости деформации, особенно сильно сказывается, при горячей обработке давлением. В практических расчетах влияние скорости деформации учитывают, например, при помощи скоростного коэффициента K_{ξ} [5, с. 384], показывающего, во сколько раз увеличивается скорость протекания упрочняющих процессов в процессе формоизменения металла при соответствующем увеличении скорости и температуры деформации (Таблица 4).

Таблица 4.

Значение скоростного коэффициента K_{ξ} [5, с. 384]

Увеличение скорости деформации	Относительная температура деформации, $\frac{T}{T_{пл}}$			
	< 0,3	0,3...0,5	0,5...0,7	> 0,7
В 10 раз	1,05...1,10	1,10...1,15	1,15...1,30	1,30...1,50
В 100 раз	1,10...1,22	1,22...1,32	1,32...1,70	1,70...2,25
В 1000 раз	1,16...1,34	1,34...1,52	1,52...2,20	2,20...3,40
При переходе от скорости деформации 10^{-1} с^{-1} к ударной нагрузке	1,10...1,25	1,25...1,75	1,75...2,50	2,50...3,50

Примечание: T – абсолютная температура деформации; $T_{пл}$ – абсолютная температура плавления.

Влияние масштабного фактора на пластичность металлов в процессах ОМД. Пластичность металла большой заготовки всегда меньше, чем у маленькой. Данное обстоятельство объясняется значительной неравномерностью напряжений и деформаций в объеме большой заготовки. Поэтому, для оценки пластичности большой заготовки необходимо применять специальные методики учета влияния объема на пластичность [4, с. 279-317; 11, с. 171-184].

Таким образом, из представленного обзора видно, что практически любой из рассмотренных факторов может существенно повлиять на пластичность металла в процессе обработки давлением и привести к появлению брака. Поэтому, основным направлением повышения качества металлопродукции при назначении технологических режимов обработки в процессах ОМД является комплексный учет всех факторов, влияющих на пластичность металла.

Список литературы:

1. Богатов А.А. Механические свойства и модели разрушения металлов: учеб. пособие для вузов. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2002. – 329 с.
2. Богатов А.А., Мижирицкий О.И., Смирнов С.В. Ресурс пластичности металлов при обработке давлением. – Москва: Металлургия, 1984. – 144 с.
3. Гредитор М.А. Давильные работы и ротационное выдавливание. – Москва: Машиностроение, 1971. – 239 с.
4. Губкин С.И. Пластическая деформация металлов. В 3 т. Т. 1. Физико-механические основы пластической деформации. – Москва: Металлургиздат, 1961. – 376 с.
5. Губкин С.И. Пластическая деформация металлов. В 3 т. Т. 2. Физико-химическая теория пластичности. – Москва: Металлургиздат, 1961. – 416 с.
6. Гуляев А.П. Металловедение. – Москва: Металлургия, 1986. – 544 с.
7. Ковка и штамповка: справочник. В 4 т. Т. 1. Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка – 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. Е.Н. Семенова. – Москва: Машиностроение, 2010. – 717 с.
8. Мастеров В.А., Берковский В.С. Теория пластической деформации и обработка металлов давлением. – Москва: Металлургия, 1989. – 400 с.
9. Металловедение и технология металлов / Ю.П. Солнцев [и др.]. – Москва: Металлургия, 1988. – 512 с.
10. Орлов Г.А. Инженерная оценка обрабатываемости металлов давлением // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2013. – № 3. – С. 11–14.
11. Тарновский И.Я., Трубин В.Н., Златкин М.Г. Свободная ковка на прессах. – Москва: Машиностроение, 1967. – 328 с.

12. Технология металлов / Б.В. Кнорозов [и др.]. – Москва: Металлургия, 1978. – 904 с.
13. Третьяков А.В., Зюзин В.И. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением: справочник. – Москва: Металлургия, 1973. – 224 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИНСТРУМЕНТА И ЗАГОТОВКИ НА СИЛОВЫЕ РЕЖИМЫ ПРОЦЕССА РОТАЦИОННОЙ ВЫТЯЖКИ

Удалов Андрей Александрович

*аспирант кафедры металлургических и роторных машин,
ФГАОУ ВО «Уральский Федеральный Университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
РФ, г. Екатеринбург*

Аверин Алексей Сергеевич

*магистрант кафедры материаловедения и основ конструирования,
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,
РФ, г. Киров*

Удалов Александр Викторович

*кандидат технических наук,
доц. кафедры материаловедения и основ конструирования,
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,
РФ, г. Киров*

THEORETICAL STUDY OF THE EFFECT OF THE GEOMETRIC PARAMETERS OF THE TOOL AND WORKPIECE ON THE POWER REGIMES OF THE ROTATIONAL DRAWING PROCESS

Andrey Udalov

*graduate student of the department of metallurgical and rotary machines,
FGAOU VO "Ural Federal University
named after the first President of Russia B.N. Yeltsin",
Russia, Ekaterinburg*

Alexey Averin

*graduate student
of the department of materials science and basics of construction,
FGBOU VO "Vyatka State University",
Russia, Kirov*

Alexander Udalov

*candidate of technical sciences, associate professor
of the department of materials science and basics of construction,
FGBOU VO "Vyatka State University",
Russia, Kirov*

Аннотация. Выполнено теоретическое исследование влияния геометрических параметров инструмента и заготовки на силы ротационной вытяжки цилиндрических деталей по обратному способу. Получены аналитические и графические зависимости сил ротационной вытяжки от геометрических параметров обрабатывающего инструмента и заготовки. Результаты теоретического исследования хорошо согласуются с экспериментом и могут быть использованы при проектировании процессов ротационной вытяжки цилиндрических деталей.

Abstract. A theoretical study of the effect of geometric parameters of tool and billet on the forces of rotational drawing of cylindrical parts on the reverse method is performed. Analytical and graphical dependencies of the rotational extraction forces on the geometric parameters of the machining tool and billet are obtained. The results of the theoretical study are in good agreement with experiment and can be used in designing the processes of rotational drawing of cylindrical billets.

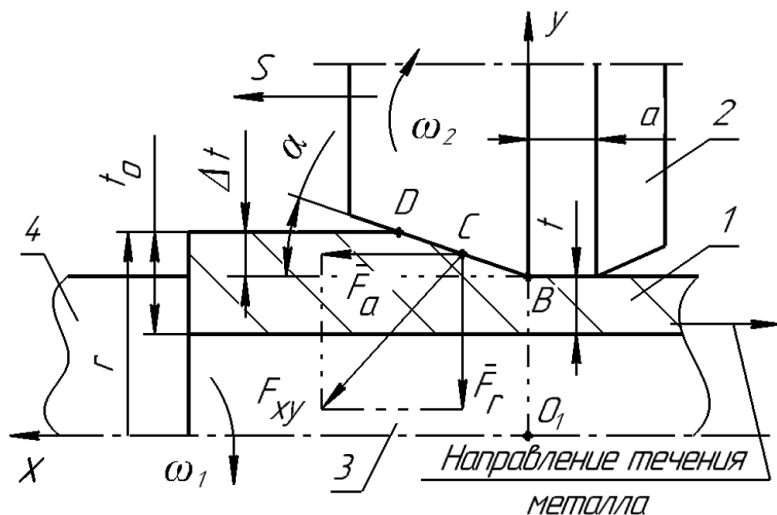
Ключевые слова: труба; ролик; оправка; ротационная вытяжка; сила; степень деформации.

Keywords: pipe; roller; mandrel; rotary drawing; force; degree of deformation.

В технологиях изготовления деталей различного назначения все большее применение, благодаря своим достоинствам, находят процессы обработки металлов давлением с созданием локального очага деформации. Одним из таких процессов является ротационная вытяжка осесимметричных деталей коническим роликом, которая может проводиться по прямому и обратному способу [1, 2, 3]. Несмотря на довольно широкое использование ротационной вытяжки, в технической литературе посвященной изучению данного процесса, крайне мало практических рекомендаций и инженерных методик, позволяющих определять силовые режимы процесса.

Целью статьи является разработка инженерной методики позволяющей определять силы процесса ротационной вытяжки цилиндрической детали с утонением стенки коническим роликом по обратному способу в зависимости от геометрических параметров инструмента и заготовки.

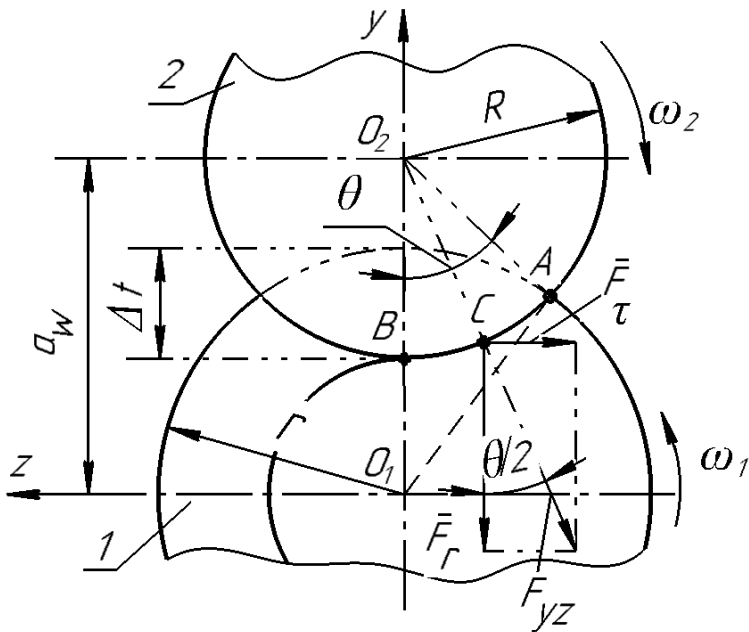
В процессе ротационной вытяжки цилиндрическая заготовка 1 обрабатывается коническим роликом 2, который совершает качение по ее поверхности (Рисунки 1 и 2). Перед обработкой заготовка 1 устанавливается с небольшим зазором на цилиндрической оправке 3, которая фиксируется на шпинделе передней бабки станка. В осевом направлении заготовка фиксируется упором 4. Для исключения проворачивания заготовки, в процессе обработки, она фиксируется относительно оправки с помощью буртиков (на рисунке 1 буртики не показаны), выполненных на торце заготовки и упора. В результате крутящий момент передается от шпинделя к заготовке, которая начинает вращаться с угловой скоростью ω_1 .



Примечание: 1 – обрабатываемая заготовка (труба); 2 – деформирующий ролик; 3 – оправка; 4 – упор; F_{xy} – проекция результирующей силы на плоскость $xу$; BD – линия контакта ролика и заготовки в плоскости $xу$.

Рисунок 1. Силы ротационной вытяжки в осевом сечении $xу$

Ролик 2 настраивается на требуемое утонение стенки Δt и затем осуществляется его осевое перемещение (вдоль оси x) с подачей S . В процессе контакта с заготовкой, за счет сил трения, ролик 2 начинает вращаться с угловой скоростью ω_2 и совершать качение по обрабатываемой поверхности. Процесс ротационной вытяжки по обратному способу (Рисунок 1) отличается тем, что направление подачи инструмента S противоположно направлению течения металла на выходе из очага деформации.



Примечание: F_{yz} – проекция результирующей силы на плоскость yz ;
 AB – дуга контакта ролика и заготовки в плоскости yz .

Рисунок 2. Силы ротационной вытяжки в радиальном сечении yz

В процессе обработки между роликом и заготовкой образуется контактная поверхность, имеющая сложную форму, на которой возникают следующие силы (Рисунки 1 и 2): \overline{F}_a – осевая сила; \overline{F}_r – радиальная сила; \overline{F}_τ – тангенциальная сила. Осевая сила направлена вдоль оси x , радиальная – вдоль оси y , а тангенциальная – вдоль оси z .

Численные значения сил используются при проектировании приводов осевой и поперечной подачи роликов, а также для определения требуемой мощности на шпинделе. Силы ротационной вытяжки образуют параллелепипед сил с результирующей, приложенной в центре тяжести поверхности контакта ролика и заготовки С.

Силы, возникающие при ротационной вытяжке, определены в зависимости от следующих геометрических параметров инструмента и заготовки:

- угла конусности ролика α ;
- радиуса ролика R по калибрующему пояску a ;
- наружного радиуса цилиндрической заготовки r .

За основу силового расчета принята известная методика [3], в которую внесены дополнения, позволяющие более точно учесть влияние геометрических параметров заготовки и инструмента на силы ротационной вытяжки. Силы, возникающие при ротационной вытяжке, определяются по следующим формулам:

осевая сила деформирования

$$F_a = \sigma_s \cdot K \cdot (t_0 - t), \quad (1)$$

где: K – коэффициент;

σ_s – сопротивление деформации металла, усредненное по очагу деформации;

t_0 и t – соответственно, исходная и конечная толщина стенки трубы;

радиальная сила деформирования

$$F_r = \sigma_s \cdot K \cdot (\ell + a), \quad (2)$$

где: ℓ – длина очага деформации (Рисунок 4);

a – ширина калибрующего пояска ролика (Рисунок 1);

тангенциальная сила деформирования

$$F_\tau = F_r \cdot \operatorname{tg} \theta / 2, \quad (3)$$

где: θ – угол контакта ролика с трубой (Рисунок 2).

Угол контакта ролика с трубой определяется по формуле

$$\theta = \arccos\left(\frac{R^2 + a_w^2 - r^2}{2 \cdot R \cdot a_w}\right), \quad (4)$$

где: R – радиус ролика по калибрующему пояску;

r – наружный радиус заготовки (трубы);

$a_w = R + r - \Delta t$ – расстояние между осями вращения ролика и обрабатываемой трубы (Рисунок 2),

где: $\Delta t = t_o - t$ – абсолютная деформация стенки трубы (утонение стенки).

Длина очага деформации ℓ (Рисунок 3) определяется с учетом осевой подачи ролика по формуле

$$\ell = \frac{\Delta t + S \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (5)$$

где: S – осевая подача ролика;

α – угол конусности ролика.

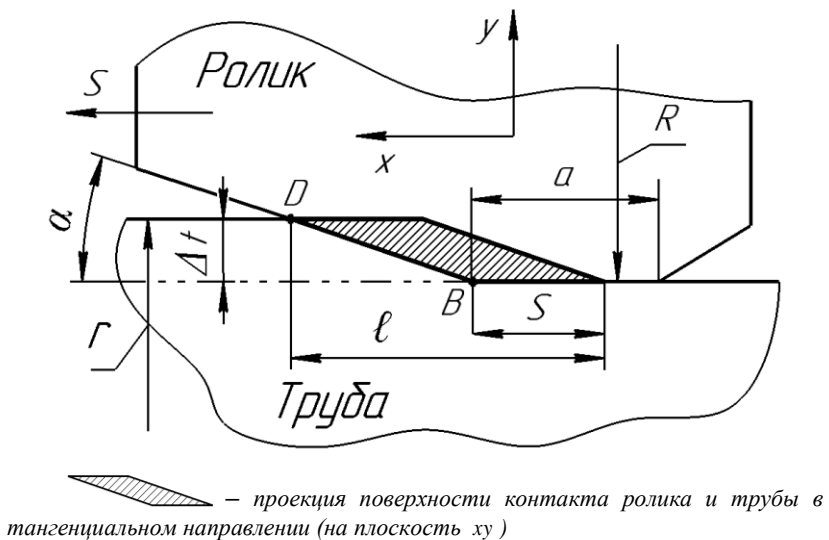


Рисунок 3. К определению длины очага деформации ℓ

Коэффициент K определяется по формуле

$$K = \frac{(t_0^2 - t^2) \cdot b}{2 \cdot \ell \cdot t_1} + \sqrt{\ell^2 + t_1^2}, \quad (6)$$

где: $b = R \cdot \sin\theta$ – ширина очага деформации равная длине дуги контакта АВ ролика и заготовки (Рисунок 2);

$t_1 = \frac{t_0 + t}{2}$ – средняя толщина стенки трубы в пределах очага деформации.

Сопротивление деформации металла, усредненное по очагу деформации, определяется выражением

$$\sigma_s = (\sigma_{s0} + \sigma_{s2}) / 2, \quad (7)$$

где: σ_{s0} – условный предел текучести металла заготовки;

σ_{s2} – сопротивление деформации металла после пластического формоизменения.

Сопротивление деформации металла определяется с учетом упрочнения по формуле

$$\sigma_{s2} = \sigma_{s0} + g \cdot \Lambda^b, \quad (8)$$

где: g и b – эмпирические коэффициенты упрочнения металла;

$\Lambda = \sqrt{3} \cdot \varepsilon$ – интенсивность деформаций сдвига металла,

в которой $\varepsilon = \frac{t_0 - t}{t_0}$ – относительная деформация стенки трубы.

Зависимости сил ротационной вытяжки коническим роликом по обратному способу от различных факторов.

По уравнениям (1), (2) и (3) построены графики (Рисунки 4, 5, 6) зависимости сил ротационной вытяжки цилиндрической заготовки из стали 20 по обратному способу от отношения радиуса ролика к радиусу заготовки $\frac{R}{r}$ при различных углах конусности ролика и постоянных значениях параметров – $\varepsilon = 0,4$; $S = 1$ мм/об; $r = 100$ мм; $t_0 = 10$ мм; $a = 2$ мм.

Анализ графических зависимостей (Рисунки 4, 5, 6) показывает, что с увеличением отношения R/r радиальная и осевая силы увеличиваются, а тангенциальная уменьшается. Уменьшение тангенциальной силы, с увеличением отношения R/r , связано с уменьшением проекции поверхности контакта ролика и трубы на плоскость xu (Рисунок 3). Увеличение угла конусности ролика α приводит к уменьшению радиальной и тангенциальной силы. Осевая сила с увеличением угла конусности ролика сначала уменьшается, но при $\alpha \geq 20^\circ$ начинает увеличиваться. Данное обстоятельство позволяет утверждать, что существует оптимальное значение угла α (примерно 20°), при котором осевая сила минимальна.

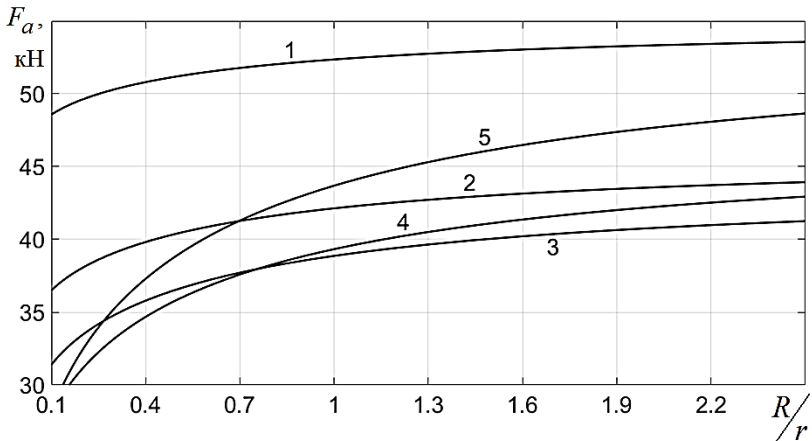


Рисунок 4. Зависимость осевой силы ротационной вытяжки по обратному способу от отношения радиусов ролика и заготовки:

1 – $\alpha = 10^\circ$; 2 – $\alpha = 15^\circ$; 3 – $\alpha = 20^\circ$; 4 – $\alpha = 30^\circ$; 5 – $\alpha = 40^\circ$

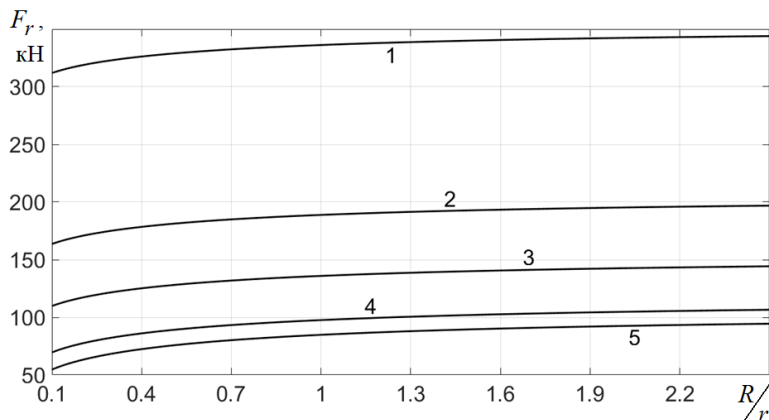


Рисунок 5. Зависимость радиальной силы ротационной вытяжки по обратному способу от отношения радиусов ролика и заготовки:
1 – $\alpha = 10^\circ$; 2 – $\alpha = 15^\circ$; 3 – $\alpha = 20^\circ$; 4 – $\alpha = 30^\circ$; 5 – $\alpha = 40^\circ$

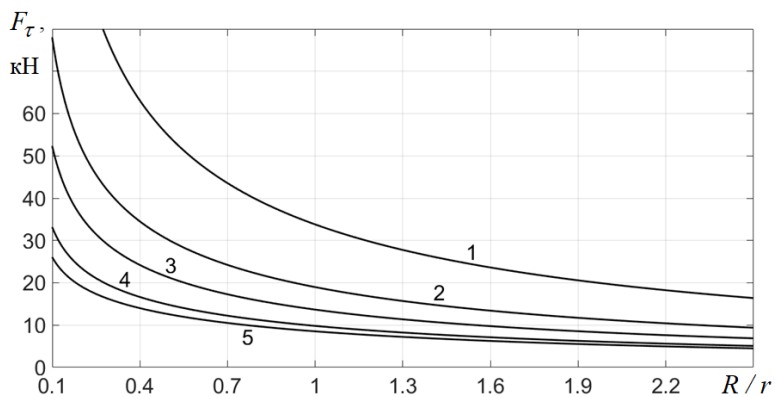


Рисунок 6. Зависимость тангенциальной силы ротационной вытяжки по обратному способу от отношения радиусов ролика и заготовки:
1 – $\alpha = 10^\circ$; 2 – $\alpha = 15^\circ$; 3 – $\alpha = 20^\circ$; 4 – $\alpha = 30^\circ$; 5 – $\alpha = 40^\circ$

Результаты представленного теоретического исследования хорошо согласуются с экспериментом и могут быть использованы при разработке процессов ротационной вытяжки цилиндрических деталей коническим роликом по обратному способу.

Список литературы:

1. Ковка и штамповка: справочник. В 4 т. Т. 4. Листовая штамповка / под ред. С.С. Яковлева. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 2010. 732 с.
2. Машиностроение: энциклопедия. В 40 т. Т. III-2. Технологии заготовительных производств / И.Л. Акаро [и др.]; под ред. В.Ф. Мануйлова. Москва: Машиностроение. 1996. 736 с.
3. РТМ – 1,648 – 79. Ротационная вытяжка на станах типа СРГ / Л.А. Раков [и др.]. Москва: НИИТ. 1983. 192 с.

1.4. МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО СТАРЕНИЯ НА СВОЙСТВА ЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА

Горев Анатолий Александрович

*студент, Сибирский федеральный университет,
РФ, г. Красноярск*

Федякина Изабелла Константиновна

*студент, Сибирский федеральный университет,
РФ, г. Красноярск*

Богданов Александр Юрьевич

*студент, Сибирский федеральный университет,
РФ, г. Красноярск*

Богданова Татьяна Александровна

*начальник металлургического отдела, ООО «КиК»,
РФ, г. Красноярск*

Вааг Мария Валерьевна

*инженер-металловед, ООО «КиК»,
РФ, г. Красноярск*

Меркулова Галина Александровна

*канд. техн. наук, доцент,
Сибирский федеральный университет,
РФ, г. Красноярск*

Аннотация. В работе рассмотрено исследование влияния различных температур старения, то есть имитация покраски в лабораторных условиях на свойства дисков автомобильных колес, полученных литьем под низким давлением из эвтектического сплава марки АК12.

Ключевые слова: силумины; сплавы; искусственное старение; диски автомобильных колес.

Сплавы системы алюминий-кремний (силумины) известны с 19-го века, однако и в настоящее время их широко применяют, в частности, в автомобильной промышленности.

Цель данной работы: исследование влияния различных температур старения, то есть имитация покраски в лабораторных условиях на свойства дисков автомобильных колес, полученных литьем под низким давлением из эвтектического сплава марки АК12.

Работа выполнена на предприятии ООО «КиК», г. Красноярск, и в лабораториях кафедры «Металловедение и термическая обработка металлов им. В.С. Биронта» ИЦМиМ СФУ. Исследованы механические свойства и удельная электропроводимость (физическое свойство) после старения при 150-230 °С образцов из дисков автомобильного колеса, вырезанных из зоны обода.

Известно, что эвтектический сплав АК12 является нетермоупрочняемым, содержащим основные легирующие элементы: алюминий и кремний.

После литья при ускоренном охлаждении возможно получение некоторой пересыщенности твердого раствора и при дальнейшей выдержке, особенно при нагреве, наблюдается эффект старения.

Значения твердости по Бринеллю приведены на рис. 1, из которого видно, что повышение температуры до 170 °С приводит к увеличению значений твердости на 4 кгс/мм². Затем твердость плавно понижается, достигая 50,1 НВ при 230 °С. Полученная зависимость позволяет судить о дисперсионном твердении в твердом растворе. Об эффекте дисперсионного твердения указывают авторы работы [1].

Исследовали силумины, содержащие 10 % кремния с добавкой магния. Отмечено, что отливки, полученные литьем под давлением, иногда подвергают вылеживанию с нагревом до 170-210 °С.

Отливки после литья под давлением опускают сразу в закалочную ванну (вода), после проводят дисперсионное твердение при повышенной температуре [1]. Аналогичное литературным данным явление наблюдали в данной работе. Согласно ГОСТу Р50511 - 93 у нетермоупрочненных дисков автомобильного колеса твердость по Бринеллю должна быть в интервале 45-60 НВ.



Рисунок 1. Значения твердости по Бринеллю сплава АК12 после искусственного старения при 150-230 °С и выдержке 4 часа

Значения микротвердости сплава АК12 после нагревов при 150-230 °С в течение 4 ч показана на рис. 2, из которого видно, что нагрев способствует некоторому повышению микротвердости (на 11 кгс/мм²), причем большие значения достигнуты при температуре 190 °С. Затем идет снижение микротвердости. Необходимо отметить, что изменение микротвердости идет через максимум аналогично изменению твердости по Бринеллю.

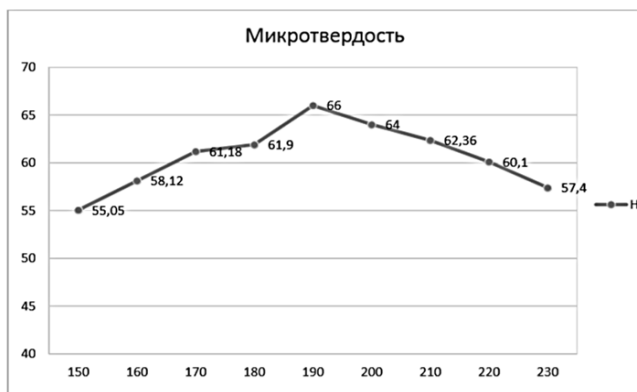


Рисунок 2. Значения микротвердости сплава АК 12 после искусственного старения при 150-230 °С и выдержке 4 часа

При литье под давлением появляется определенное количество дефектов в кристаллической решетке алюминия. Нагрев литых дисков колес до 150-230 °С должен способствовать уменьшению количества дефектов, в частности точечных, что должно сказаться на изменении физических свойств. Выполнено измерение удельной электропроводности (физического свойства) после нагревов (рис. 3).

В работе [2] отмечено, что закалка сплава обычно приводит к самому низкому уровню электропроводности, так как большая часть компонентов фиксируется в твердом растворе. В сплавах, стареющих при комнатной температуре, может иметь место последующее снижение электропроводности на начальных стадиях старения, обусловленное образованием зон Гинье-Престона. Распад твердого раствора при старении (в особенности при повышенных температурах, то есть в нашем случае при 150-210 °С) вызывает увеличение электропроводности (рис. 3).

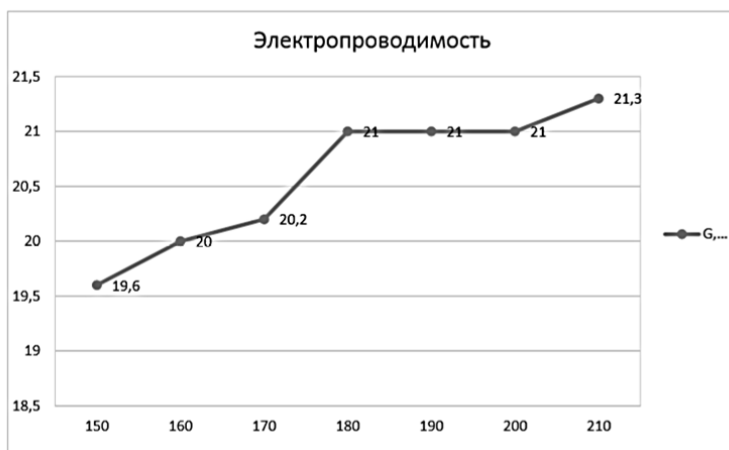


Рисунок 3. Значения удельной электропроводности сплава АК12 после нагрева при 150 – 210 °С и выдержке 4 часа

На физические свойства влияет изменение количества точечных дефектов (и наиболее важных из них - концентрации вакансий), что особенно сказывается на изменении физических свойств.

Принимают, что падение электросопротивления пропорционально снижению концентрации вакансий [3]. Уменьшение количества точечных дефектов должно привести к повышению удельной электропроводности, что и показали наши исследования (рис. 3). Таким образом,

для оценки качества силумина марки АК12 можно предложить измерять удельную электропроводимость, как быстрый, структурночувствительный и неразрушающий метод контроля.

Выводы:

1. Исследованы механические и физические свойства дисков автомобильных колес из сплава АК12.

2. Выяснено, что применение нагревов после литья способствует повышению твердости по Бринеллю и микротвердости, то есть фактически происходит термическая обработка по режиму T1: искусственное старение без закалки. Полученные значения твердости по Бринеллю соответствуют требуемым.

3. Установлено, что значения электропроводимости при нагреве после литья повышаются. Это увеличение можно объяснить понижением концентрации точечных дефектов и увеличением протяженности межфазных границ в результате нагрева при невысокой температуре 150 - 210 ° С в течение 4 часов, то есть при покраске. Для оценки качества силуминов марки АК12 предложено измерять удельную электропроводимость, как быстрый, структурночувствительный и неразрушающий метод контроля.

Список литературы:

1. Алюминиевые сплавы (свойства, обработка, применение): справочник; пер. с немецкого под ред. М.Е. Дрица, Л.Х. Ройтберга. – Москва: Металлургия, 1979. – 194 с.
2. Алюминий: свойства и физическое металловедение: Справ. изд. Пер. с англ. / Под ред. Хэтча Дж. Е. – Москва: Металлургия, 1989. – 422 с.
3. Новиков И.И. Дефекты кристаллического строения металлов / И.И. Новиков – Москва: Металлургия, 1975. – 208 с.

1.5. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ АВТОМАТОВ

Писецкий Вадим Владимирович

*ст. преподаватель
кафедры общетехнических дисциплин и электроники
Саровского физико-технического института национального
исследовательского ядерного университета «МИФИ»,
РФ, г. Саров*

Гончаров Сергей Николаевич

*канд. техн. наук,
доц. кафедры общетехнических дисциплин и электроники
Саровского физико-технического института национального
исследовательского ядерного университета «МИФИ»,
РФ, г. Саров*

Воронков Алексей Филиппович

*канд. техн. наук,
доц. кафедры общетехнических дисциплин и электроники
Саровского физико-технического института национального
исследовательского ядерного университета «МИФИ»,
РФ, г. Саров*

Дорохина Татьяна Егоровна

*ст. преподаватель
кафедры общетехнических дисциплин и электроники
Саровского физико-технического института национального
исследовательского ядерного университета «МИФИ»,
РФ, г. Саров*

Наумова Екатерина Сергеевна

*ст. преподаватель
кафедры общетехнических дисциплин и электроники
Саровского физико-технического института национального
исследовательского ядерного университета «МИФИ»,
РФ, г. Саров*

FEATURES OF FUNCTIONING OF THE SOFTWARE VENDING MACHINES

Vadim Pisecky

*senior lecturer of the Department of technical disciplines,
electronics and the Sarov physical and technical
Institute of national research nuclear University "MEPhI",
Russia, Sarov*

Sergey Goncharov

*candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department
of technical disciplines, electronics and the Sarov physical and technical
Institute of national research nuclear University "MEPhI",
Russia, Sarov*

Alexey Voronkov

*candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department
of technical disciplines, electronics and the Sarov physical and technical
Institute of national research nuclear University "MEPhI",
Russia, Sarov*

Tatiana Dorokhin

*senior lecturer of the Department of technical disciplines,
electronics and the Sarov physical and technical Institute
of national research nuclear University "MEPhI",
Russia, Sarov*

Ekaterina Naumova

*senior lecturer of the Department of technical disciplines,
electronics and the Sarov physical and technical Institute
of national research nuclear University "MEPhI",
Russia, Sarov*

Аннотация. В [1] описан метод синтеза программного автомата (ПА) по графу поведенческой модели. Этот метод позволяет строить программные автоматы, обладающие рядом дополнительных возможностей. Каждая из вершин графа, в случае применения данной методики может иметь как различный тип синхронизации, так и тип. Обсуждению этих возможностей и посвящена данная статья.

Abstract. In [1] described a method for the synthesis of machine (PA) on the graph of the behavioral model. This method allows to build software

machines with additional features. Each of the vertices of the graph, in the case of application of this methodology can be various types of synchronization and type. Discuss these possibilities are addressed in this article.

Ключевые слова: программный автомат; синхронный автомат; асинхронный автомат.

Keywords: software machine; synchronous machine; asynchronous machine.

В настоящее время большинство программных автоматов (ПА) строятся на базе промышленных контроллеров с применением Switch-технологии [2]. У таких автоматов синхронизация поведенческой модели автомата с внешней аппаратурой осуществляется аппаратно, аппаратурой промышленного контроллера. Впрочем, задачи, решаемые такими автоматами, требуют квант реального времени более единиц миллисекунд, что вполне соответствует возможностям аппаратуры.

Для задач, квант реального времени которых составляет величину от десятка микросекунд, описанный выше подход неприменим. Для построения подобного автомата на базе микроконтроллера в [1] описан формальный метод синтеза программного автомата по описанному в техническом задании графу поведенческой модели системы. Этот метод может быть сведен к следующему упорядоченному набору формальных действий:

1. Все вершины заданного графа нумеруются. Порядок нумерации – не критичен;

2. Граф переносится в программу. Для этого создается структура (см. рисунок 1), состоящая из:

- типизованной метки заголовка, связанной с номером состояния графа. Обычно это структура, состоящая из, как минимум, одного символа и цифры, совпадающей с номером вершины;

- тела вершины, в котором формируются выходные сигналы, соответствующие данной вершине графа;

- типизованной метки цикла ожидания, связанной с номером состояния графа. Обычно это структура, состоящая, как минимум, из одного символа и цифры, совпадающей с номером вершины. В асинхронном автомате эта метка не создается;

- структуры, отвечающей за ожидание прихода того или иного сигнала. В асинхронном автомате эта структура не создается;

- типизованной метки перехода, связанной с номером состояния графа. Обычно это структура, состоящая как минимум из одного символа и цифры, совпадающей с номером вершины (если в таковой есть необходимость);

- блока переходов, в котором проверяются условия перехода на другую вершину и, при обнаружении выполнения условия, выполняется переход. Анализ условий расставляется в соответствии с приоритетами переходов. В случае, если ни одно из условий не выполнено, осуществляется переход на начало блока.

; Вершина **N**

State_N: ; Типизованная метка для описания состояния **N**

Группа команд, формирующих
выходные сигналы, соответствующие
состоянию **N**

Wait_N: ; Типизованная метка для ожидания в состоянии **N**

Группа команд, выполняющих
синхронизацию
(для синхронной вершины)

Sel_N: ; Типизованная метка блока выбора следующего
состояния(в состоянии **N**)

Группа команд, выполняющих проверку
условий перехода и выполняющих
переход на другие вершины

; Переход по умолчанию, если ни одно из условий не выполнено

JMP Wait_N ; для синхронной вершины

Рисунок 1. Структура программного описания вершины графа

3. Порядок размещения таких структур, применительно к номерам вершин графа – произвольный.

4. На стартовом адресе размещается программа инициализации необходимых устройств, заканчивающаяся командой перехода на ту вершину, с которой предполагается старт автомата.

Подход, предполагаемый этим методом, позволяет обособить каждую из вершин графа, сделав ее независимой от типа и способа синхронизации соседних вершин.

Используя данный метод можно создавать автоматы, каждая из вершин которого может нести в себе как признаки автомата Мура, так и автомата Мили – вне зависимости от других вершин. Примеры даны для архитектуры ядра MCS-51 [2] и/или более старших ее клонов.

Пример такого синтеза показан на рисунке 2.

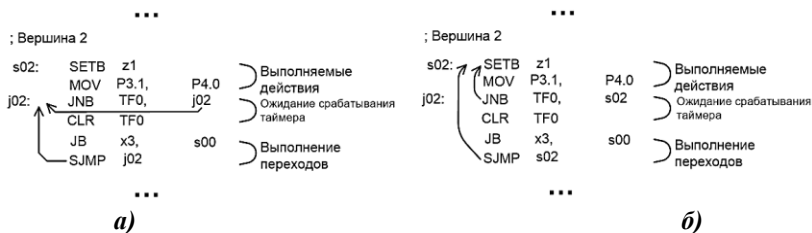


Рисунок 2 Варианты исполнения вершины в виде а) автомата Мура и б) автомата Мили

Как видно из рисунка 2, для превращения автомата Мура в автомат Мили достаточно только изменить цели в командах перехода.

Кроме этого, методика позволяет для каждой вершины выбирать отдельный источник синхронизации – без привязки к источникам синхронизации других вершин.

При исключении группы команд ожидания вершину можно сделать асинхронной. Правда, подобное решение нельзя признать полностью корректным, поскольку в этом случае задержка в каждой вершине будет сугубо индивидуальной, и зависеть от количества исполняемых в данной вершине команд.

В качестве примера на рисунке 3 показана вершина, синхронизирующаяся по срабатыванию внутреннего таймера T0, а на рисунках 4 и 5 показаны методы синхронизации от внешнего сигнала (в примерах на рисунках он подается на 3 бит порта P2.

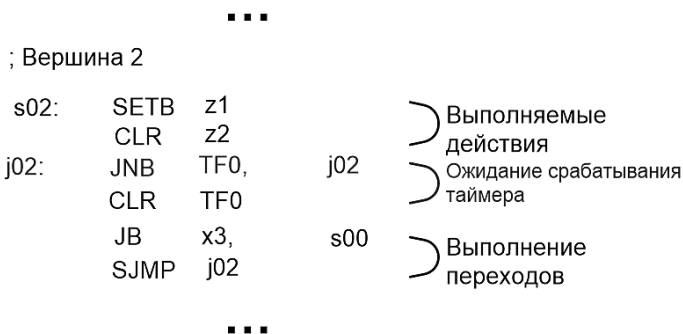


Рисунок 3. Вариант синхронизации вершины от внутреннего таймера

В показанном на рисунке 3 примере синхронизация осуществляется ожиданием появления флага TF0, который аппаратно формируется таймером T0 при переполнении - переходе из состояния FF (FFFF) в состояние 0. Необходимость программного снятия флага диктуется особенностями архитектуры. MCS-51.

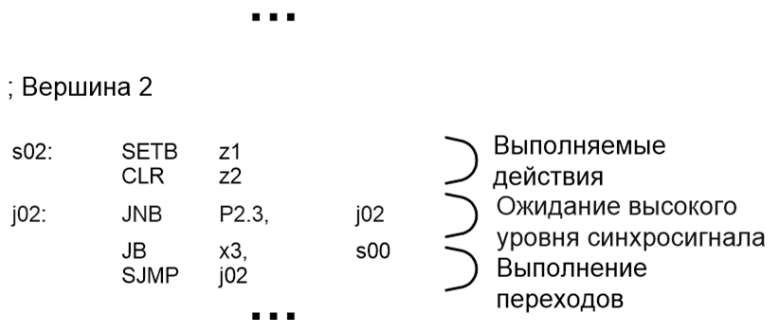


Рисунок 4. Вариант синхронизации по высокому уровню синхросигнала

В показанном на рисунке 4 примере синхронизация осуществляется ожиданием появления высокого уровня на 3 бите порта P2, который аппаратно формируется внешним устройством.

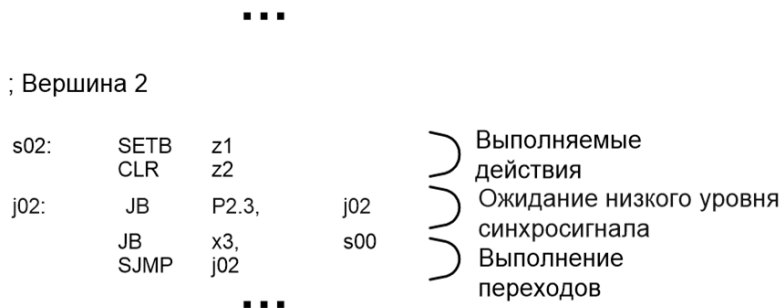


Рисунок 5. Вариант синхронизации по низкому уровню синхросигнала.

В показанном на рисунке 5 примере синхронизация осуществляется ожиданием появления низкого уровня на 3 бите порта P2, который аппаратно формируется внешним устройством.

На рисунке 6 показан вариант динамической синхронизации по отрицательному фронту синхросигнала.

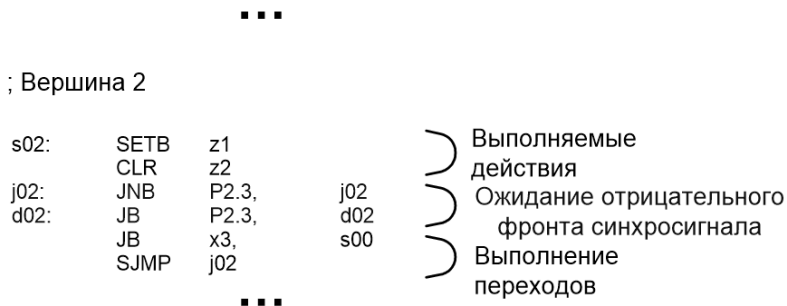


Рисунок 6. Вариант синхронизации по отрицательному фронту синхросигнала

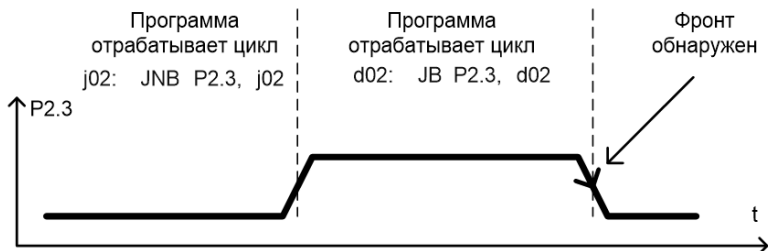


Рисунок 7. Пояснения к рисунку 6

На рисунке 7 поясняется, в какой именно фазе синхросигнала работают команды, размещенные под метками j02 и d02. Команда условного перехода, размещенная под меткой j02, организует цикл ожидания начала импульса. Команда условного перехода, размещенная под меткой d02, организует цикл ожидания конца импульса, после чего и реализуется алгоритм выбора следующего состояния.

По сути, показанные на рисунках 3..6 алгоритмы являются программным аналогом схемотехнических выделителей фронтов, описанных в [4].

Список литературы:

1. Программная реализация автомата. Писецкий В.В., Гончаров С.Н., Никитин В.А., Колтаков С.Н.. Известия института инженерной физики № 1(31) 2014, стр. 30-33.
2. Шальто А.А. Switch-технология. Алгоритмизация и программирование задач логического управления. СПб.: Наука, 1998., 628 с [Электронный ресурс] <http://is.ifmo.ru/books/switch/1>.
3. 80C552/83C552 Single-chip 8-bit microcontroller with 10-bit A/D, capture/compare timer, high-speed outputs, PWM. Datasheet. Copyright 2002 Sep 03 by Philips Semiconductors.
4. Угрюмов Е.П.. Цифровая схемотехника. СПб.: БХВ, 2004.

1.6. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ГРИНВОШИНГ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Пономаренко Андрей Витальевич

*студент,
Донской государственной технической университет,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Шенцова Ксения Владимировна

*студент,
Донской государственной технической университет,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

GREENWASHING IN CONSTRUCTION

Andrey Ponomarenko

*student, Don State Technical University,
Russia, Rostov-on-Don*

Kseniya Shentsova

*student, Don State Technical University,
Russia, Rostov-on-Don*

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы гринвошинга в строительстве, основные способы его применения, приводятся примеры гринвошинга, выявляются способы борьбы с данной проблемой, делается вывод о необходимости борьбы с ней.

Abstract. The article discusses the problems of greenwashing in construction, the main ways to use it, gives examples of greenwashing, identifies ways to combat this problem, concludes that it is necessary to combat it.

Ключевые слова: гринвошинг, строительство, экология, продукция, товар, производитель, покупатель, требования, материал, сертификат, безопасность, мобильное приложение.

Keywords: greenwashing, building, ecology, production, product, manufacturer, buyer, demands, material, certificate, security, mobile app.

В настоящее время в мире всё большее число компаний применяют экологическое производство, используют безопасное сырье, выпускают экологически чистые продукты, в том числе и строительные. Современное общество пытается окружить себя такого рода товарами для того, чтобы сохранить здоровье, окружающую среду и экологию.

Согласно статистике, в 2017 году 41 % россиян, совершая покупки обращает внимание на экологичность товара. При этом 58 % отдают предпочтение более экологичной продукции, даже если она будет несколько дороже. Недобросовестные производители пытаются нажиться на стремлении людей окружить себя безвредными, чистыми материалами и бесосновательно окрашивают этикетки своей продукции в зелёный цвет, позиционируют свой товар как «эко», чтобы повысить цену и спрос на свой товар. Такое явление называется гринвошинг.

Исследованием гринвошинга в США занималась компания TerraChoice. Она регулярно выпускала доклады, посвященные этому явлению. Так, с 2007 по 2010 TerraChoice выделила семь «грехов» гринвошинга, согласно которым определялся товар несоответствующий экологическим требованиям:

1. Выделение достоинств, сокрытие недостатков. У товара имеются несколько достоинств, но число недостатков превосходит.

2. Бездоказательные утверждения. Позиционирование товара как экологического строится на основании недоказуемых или сложно доказуемых суждений производителей.

3. Общие утверждения. Примером такого «Греха» может служить формулировка «Полностью натуральный» или «Только из натуральных компонентов». Мышьяк, ртуть, уран – натурального происхождения вещества, но это не означает, что их содержание в конечном продукте безопасно для человека, и уж тем более они не являются экологичными.

4. Неактуальные утверждения. Информация о том, что товар является полностью экологичным, может быть правдива, но совершенно бесполезна.

5. Принцип выбора меньшего из двух зол. Акцент на внимание покупателя может быть обращён на справедливые утверждения об экологичности отдельных компонентов данного продукта, но товар может также нанести вред окружающей среде, как и его менее экологичные аналоги.

6. Ложные заявления. Не исключено, что компании, не прибегая к каким-либо уловкам, могут просто обманывать потребителей.

7. Несуществующие маркировки.

В России в строительной отрасли наиболее распространены «грехи» гринвошинга: выделение достоинств, скрытие недостатков, ложные заявления. Например, экологичный утеплитель часто позиционируют как продукт, в составе которого содержатся только натуральные компоненты, но зачастую производители не раскрывают тайны о наличии дополнительных химических веществ в нём. Кроме того, умалчивается информация о способе добычи и получения сырья.

Также ярким примером гринвошинга является производство лакокрасочных материалов. Исследования в городе Москва показали, что в 60 % красок, позиционирующих себя как «эко» был обнаружен свинец. Следует отметить, что на сегодняшний день в нормах указывается на недопущение использования тяжелых металлов в лакокрасочных материалах. Это несет огромную опасность, как для потребителя, так и для окружающей среды.

Отсутствие в России нормативных документов и государственных стандартов, регламентирующих понятия «экологичный», «эко», «зеленый», «органический» и др., дает благоприятную почву для безнаказанного ввода потребителя в заблуждение. Он пытается безуспешно разобраться в запутанных определениях и, к сожалению, добросовестный производитель в глазах покупателя становится в один ряд со злым мошенником – гринвошером.

Для получения экомаркировки производители проводят сертификацию производства и выпускаемых продуктов, а также ежегодный аудит по соблюдению регламентов. В России главным и единственным сертификатом, подтверждающим экологичность и безопасность производства и продукции компании, является экомаркировка «Листок жизни». К сожалению, сталкиваясь с обманом, у потребителя даже к такому сертификату снижается уровень доверия.

Для решения проблемы гринвошинга в России необходим комплексный подход. Первым шагом на пути к решению данной проблемы является просвещение и повышение грамотности потребителей. Знания покупателя о том, как отличить экологический товар от подделки, умение защитить свои права, станет отправной точкой, которая позволит достигнуть нужного результата.

На сегодняшний день существуют специальные проекты, способные пополнить знания потребителя в данной области. Например, мобильное приложение «Экополка» - площадка для встречи покупателей, производителей и продавцов экотоваров. Мобильный гид проверенных экологических товаров позволяет найти настоящую, сертифицированную продукцию в магазинах России и стран СНГ по специальным знакам на упаковке – экомаркировкам. Приложение также может отыскать определенный товар, любимый экобренд или магазин, содержащий экопродукцию поблизости.

Принципиальным вопросом остается недостаточное регулирование гринвошинга на законодательном уровне. При отсутствии единых нормативных документов и государственных стандартов, потребитель и дальше будет подвергаться безнаказанному обману со стороны производителя.

Существуют множество лабораторий и центров, которые имеют свою исследовательскую базу, но не имеют единых методик, способов и критериев выявления экологичности того или иного продукта. Важно разработать критерии экологичности для различных групп товаров, выявить и создать единые методики проведения исследований, в том числе программы аудита предприятий. Важным аспектом является разработка механизма внутрикорпоративного и общественного доверия и признания результатов работы и заключений исследовательских лабораторий и центров. Конкуренция между центрами способствует проведению своего внутреннего аудита выполнения качества работ. Обязательно должен быть создан единый реестр выданных сертификатов и производителей экологичной продукции. Только при выполнении этих требований потребитель может быть уверен в экологической безопасности продукции.

Список литературы:

1. Гринвошинг: новая угроза для строительного рынка? // Строительство.Ru URL: <http://rcmm.ru/tehnika-i-tehnologii/40062-grinvoshing-novaya-ugroza-dlya-stroitel'nogo-rynka.html> (Дата обращения: 10.11.2017).
2. Is TerraChoice Greenwashing? // GreenBiz URL: <https://www.greenbiz.com/blog/2010/11/01/terrachoice-greenwashing> (Дата обращения: 10.11.2017).
3. Гринвошинг // Executive.ru URL: <https://www.e-xecutive.ru/wiki/index.php/%D0%93%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B2%D0%BE%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B3> (Дата обращения: 10.11.2017).
4. Гринвошинг стройматериалов: не всё «зелёное» одинаково полезно // Экологический союз URL: http://ecounion.ru/wp-content/uploads/2017/04/2017_04_stroypert_greenwashing.pdf (Дата обращения: 10.11.2017).

ВНЕДРЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Пономаренко Андрей Витальевич

*студент, Донской государственной технической университет,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Шенцова Ксения Владимировна

*студент, Донской государственной технической университет,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

INTRODUCTION AND DEVELOPMENT OF ECOLOGICAL CONSTRUCTION

Andrey Ponomarenko

*student, Don State Technical University,
Russia, Rostov-on-Don*

Kseniya Shentsova

*student, Don State Technical University,
Russia, Rostov-on-Don*

Аннотация. В статье рассматриваются необходимость развития и внедрения экологического строительства, приводятся примеры зеленого строительства и делаются выводы о необходимости поддержки данного метода и вида строительства.

Abstract. The article discusses the need to develop and implement ecological construction, gives examples of green construction and draws conclusions on the need to support this method and the type of construction.

Ключевые слова: экологическое строительство; зелёное строительство; население; развитие; экология; олимпийские игры; стадион; требования; стандарты.

Keywords: ecological construction; green construction; population; development; ecology; Olympic games; stadium; demands; standards.

В современном обществе возрастает стремление людей к здоровому образу жизни, включающий в себя правильное питание, занятия спортом, к существованию в чистом окружающем мире. Желаемый

результат может быть достигнут только при условии, если окружающий человека мир будет чистым и безвредным.

В условиях увеличивающейся урбанизации и роста населения (см. рис. 1.) возрастает потребность в строительстве гражданских и промышленных объектов. В свою очередь, строительная отрасль наносит огромный ущерб экологии планеты. Поиск решения данной проблемы очень важная задача на сегодняшний день.



Рисунок 1. Среднегодовая численность населения планеты

Эффективным способом уменьшения наносимого вреда экологии планеты является экологическое строительство. Оно минимизирует неблагоприятное воздействие на экосистему. Экологическое строительство имеет три главных аспекта:

1. Экологический. В результате него разрабатываются комплексные методы уменьшения негативного воздействия.
2. Создание благоприятных и комфортных условий для человека, достигаемых с помощью уменьшения вредных воздействий на окружающую среду.
3. Экономический. Все предпринимаемые действия должны быть экономически целесообразны и интересны инвестору.

Зеленое строительство стремительно развивается в таких странах как: США, Германия, Сингапур, страны Персидского залива и даже Китай. Конечно, Китай всё также применяет органическое топливо (уголь), и экология у него находилась и находится в плачевном состоянии, но после Олимпийских игр в Пекине-2008 всё стало меняться.

Именно игры стали главным толчком к развитию экологического строительства. По словам исполнительного директора Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) Ахима Штайнера, многие технологии, использованные при строительстве Олимпийской деревни в Пекине, по мировым меркам являются передовыми с экологической точки зрения.



Рисунок 2. Олимпийская деревня в Пекине

Россия по внедрению экологического строительства отстает даже от Китая. В нашей стране только в 2009 году был создан Совет по экологическому строительству.

При подготовке к строительству Олимпийских объектов в Сочи, МОК выдвинул ряд требований по соответствию спортивных сооружений международным экологическим стандартам и нормам. Выполнение этих требований считается первыми шагами по развитию зеленого строительства в России.

Например, стадион «Фишт» и ледовый дворец «Большой» были построены с применением энергоэффективных материалов и технологий. У первого - при устройстве инновационной кровли была применена легкая и прочная фторполимерная пленка ETFE Vector Foiltec, а у второго – способы первичной переработки и сортировки отходов, светодиодная подсветка фасада.



Рисунок 3.
Стадион «Фишт»

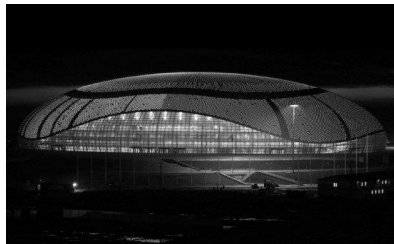


Рисунок 4.
Ледовый дворец «Большой»

Главным толчком к экологическому строительству послужит Чемпионат мира по футболу 2018. Все 12 стадионов будут построены по обязательным мировым зелёным стандартам. На сегодняшний день, к числу построенных стадионов по экологическим нормам относятся «Фишт» в городе Сочи и «Открытие Арена» в городе Москва. На «Открытие Арена» используется единая система управления всеми коммуникациями, позволяющая в разы экономить электроэнергию и поддерживать в помещениях оптимальную температуру.



Рисунок 5. Стадион «Открытие Арена»

Экологическое строительство на сегодня только набирает обороты и его необходимо поддерживать. Предъявление требований зеленого строительства со стороны МОК и FIFA без сомнения толкает государство на стимуляцию развития этого метода, тем самым это положительно сказывается на состоянии окружающей среды.

Список литературы:

1. Экология и строительство, правовые основы // Зелёный дом URL: <http://green-dom.info/ekologiya-i-stroitelstvo-pravovye-osnovy/> (Дата обращения: 10.12.2017).
2. Population, total // The world bank URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL> (Дата обращения: 10.12.2017).
3. Экостроительство: Россия играет в зеленые игры, одновременно открывая новые свалки // Строительство.Ru URL: <http://rcomm.ru/tehnika-i-tehnologii/40810-ekostroitelstvo-rossiya-igraet-v-zelenye-igry-odnovenno-otkryvaya-novye-svalki.html> (Дата обращения: 10.12.2017).
4. ООН считает, что Олимпиада изменила отношение Китая к экологии // РИА Новости URL: <https://ria.ru/eco/20080822/150587672.html> (Дата обращения: 10.12.2017).
5. Топ-10 проектов экологического строительства в России // Климат России URL: <http://climaterussia.ru/ustojchivye-goroda/top-10-proektov-ekologicheskogo-stroitelstva-v-rossii> (Дата обращения: 10.12.2017).

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ МЕМБРАННЫХ ПОКРЫТИЙ

Трофимова Виктория Михайловна

*студент, Академия строительства и архитектуры
Донского государственного технического университета,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Лукашевич Эдуард Брониславович

*канд. техн. наук, доцент, Академия строительства и архитектуры
Донского государственного технического университета,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

CONSTRUCTIVE SOLUTIONS OF MEMBRANE COATINGS

Victoria Trofimova

*student, Academy of Construction and Architecture
of Don State Technical University,
Russia, Rostov-on-Don*

Eduard Lukashevich

*candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Academy of Construction and Architecture,
Don State Technical University,
Russia, Rostov-on-Don*

Аннотация. В данной статье изучаются конструктивные решения мембранных покрытий, а также приводятся различные формы мембранных покрытий и их типы возведения. Также рассматривается вопрос прогрессивной технологии монтажа мембранного покрытия при строительстве олимпийского стадиона в Москве.

Abstract. In this article we study constructive solutions membrane coatings, and provides various forms of membrane coating and their types of construction. Also examines the issue of advanced technology for installation of membrane coating in the construction of the Olympic stadium in Moscow.

Ключевые слова: мембранные покрытия; стабилизация; опорный контур; опорное металлическое кольцо.

Keywords: membrane coatings; stabilization; supporting contour; supporting metal ring

Как с точки зрения возведения и эксплуатации, так и с точки зрения расчета, мембранные покрытия больших размеров являются исключительно сложными сооружениями. Стальная мембрана в таких сооружениях воспринимает только растягивающие напряжения. Большие усилия от мембраны воспринимает опорный контур, которые он передает на опоры и фундаменты. Мембранные покрытия совмещают в себе несущие и ограждающие функции. Это позволяет достичь дополнительное облегчение конструкции, а также снижает металлоемкость.

Также, мембранные конструкции могут составлять конкуренцию другим металлическим конструкциям на небольших пролетах (18–36 м). Как правило, толщину стальной мембраны из малоуглеродистой стали марки 10Г2С1 или низколегированных сталей марок 17Г2С и 17Г2СФ проектируют не менее 4–6 мм.

Выделяют 2 типа возведения мембранных покрытий:

- 1) ленточные покрытия;
- 2) мембранные оболочки

Ленточные покрытия образованы отдельными лентами, которые не связаны между собой. Они работают как однопоясная вантовая

конструкция. В мембранных конструкциях отдельные ленты соединяются в пространственную единую конструкцию при помощи сварки, а также при помощи высокопрочных болтов или клепки, которая способна воспринимать сдвигающие усилия. Следует отметить, что по сравнению с ленточными покрытиями мембранные оболочки обладают большей жесткостью и несущей способностью.

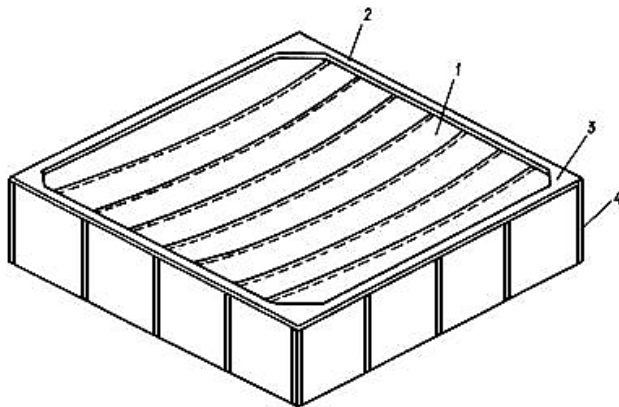
Выделяют следующие формы мембранных покрытий:

- 1) цилиндрические и конические (нулевая гауссова кривизна);
- 2) сферические, в виде эллиптического параболоида (положительная гауссова кривизна);
- 3) гипара (отрицательная гауссова кривизна)

Стабилизируют мембранные покрытия (как и тросовые системы) с помощью пригруза покрытия.

Способ стабилизации зависит от типа мембранного покрытия, его размера, конструкцией опорного контура, формой плана [1].

К элементам покрытия относятся мембранная пролетная конструкция и наружный опорный контур. Пролетная конструкция работает на двухосное растяжение. Она совмещает в себе несущие и ограждающие функции. Выполняется из тонких листов металла. К мембране крепится наружный опорный контур, выполненный из железобетона или металла. Он воспринимает усилия с пролетной конструкции. Опорный контур устанавливается на стены, колонны.



Примечание: где 1 – мембрана; 2 – опорный контур; 3 – вуты; 4 – стойки [2].

Рисунок 1. Схема мембранного покрытия

Опорный контур, который рационально запроектирован, работает как элемент, все сечение которого сжато. Поэтому для таких элементов применение железобетона более экономично.

Так как сечение опорного контура определяется из условия прочности, то для него выгодно применять самые высокие марки бетона.

Также следует добавить, что процент армирования может быть минимальным.

Стоимость опорного контура составляет более 50 % общей стоимости всего покрытия, поэтому он считается наиболее дорогостоящим элементом всей конструкции [3].

Начальную форму поверхности покрытия определяют по формуле:

$$z = f_o * \left(1 - \frac{x^n}{a^n}\right) * \left(1 - \frac{y^n}{b^n}\right)$$

где: a и b - половины сторон прямоугольного плана покрытия;

f_o - начальная стрела провиса в центре покрытия;

x и y - текущие координаты.

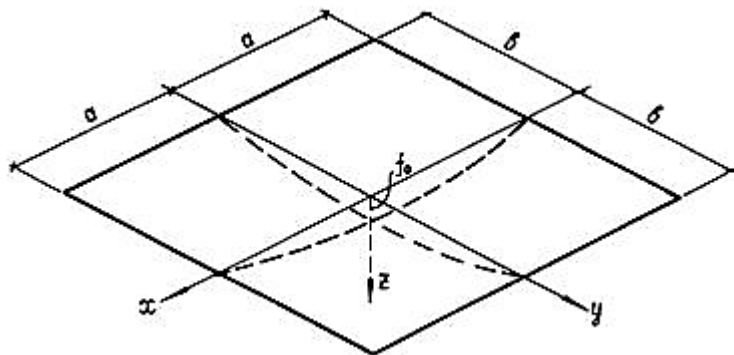
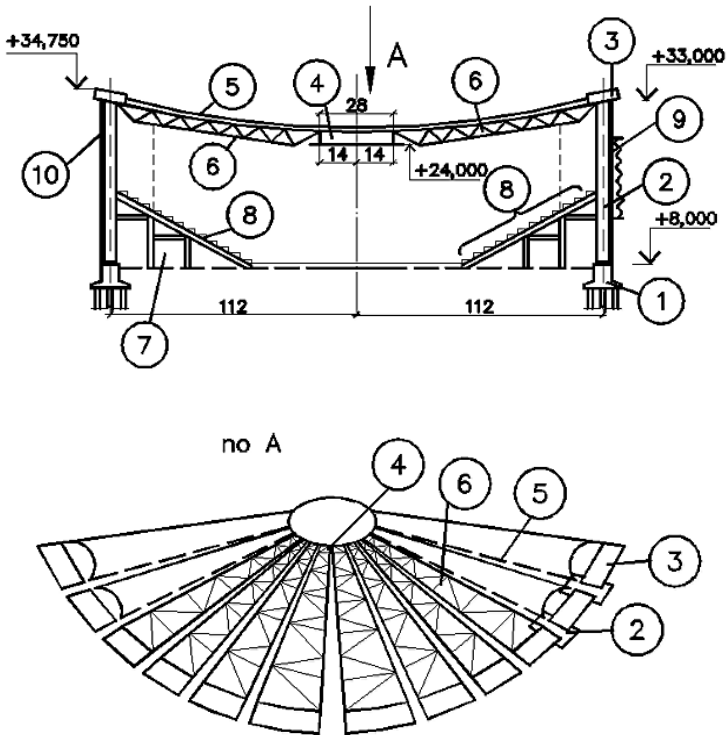


Рисунок 2. Геометрия поверхности оболочки

В зависимости от способа монтажа показатель степени n может варьироваться от 2 до 4. При навесном методе монтажа $n=2$. При монтаже на подмостях или на уровне земли $n=4$. Результат расчета, в основном, зависит от величины f_o [2].

При строительстве Олимпийского стадиона в Москве была разработана прогрессивная технология монтажа мембранного покрытия.

Олимпийский стадион рассчитан на 45000 зрителей, выполнен в виде эллипса и представляет собой пространственную большепролетную структуру с пролетом 228 м. По наружному контуру эллипса с шагом 20 м располагаются металлические колонны, имеющие высоту 33 м. Они шарнирно оперты на железобетонные опоры, которые жестко связаны с несущим контурным сборно-монолитным железобетонным кольцом. Мембранная оболочка подвешена к опорному кольцу. Она имеет толщину листа = 5 мм.



Примечание: где 1 - ростверк свайного фундамента; 2 - железобетонные колонны 2 x 0,8 м; 3 - опорный контур, состоящий из сборно-монолитных элементов размером 5 x 1,75 м; 4 - внутреннее опорное металлическое кольцо диаметром 28 м; 5 - мембранная оболочка из стального листа толщиной 5 мм; 6 - стабилизирующие фермы длиной 96 м; 7 - железобетонный каркас трибун; 8 - зрительные места; 9 - витражи наружных фасадов; 10 - стеновые конструкции [4, с. 5].

Рисунок 3. Конструктивная схема Олимпийского стадиона

Выгодная геометрическая форма – это большое достоинство мембранных покрытий. Также мембраны не требуют специальной противопожарной защиты.

Монтажные соединения элементов мембран выполняются на сварке, а также на высокопрочных болтах и заклепках.

Как правило, основным материалом для мембран служит малоуглеродистая и низколегированная сталь, однако иногда используют нержавеющей сталь и алюминий [3].

Список литературы:

1. Архитектурно-строительные конструкции [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://studme.org/54955/tovarovedenie/membrannye_pokrytiya (Дата обращения: 07.12.2017).
2. Рекомендации по проектированию мембранных покрытий на прямоугольном плане для реконструируемых зданий и сооружений [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200074429> (Дата обращения: 09.12.2017).
3. Строй-справка.ру [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://stroyspravka.ru/article/osobennosti-membrannykh-pokrytii> (Дата обращения: 10.12.2017).
4. StudFiles: Файловый архив студентов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/2180871/page:5/> (Дата обращения: 10.12.2017).

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ И ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ АРМАТУРЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Трофимова Виктория Михайловна

*студент, Академия строительства и архитектуры
Донского государственного технического университета,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

STUDY OF THE PROPERTIES AND FEATURES OF APPLICATION OF THREADED CONNECTIONS OF REINFORCEMENT IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Victoria Trofimova

*student, Academy of Construction and Architecture
of Don State Technical University,
Russia, Rostov-on-Don*

Аннотация. Данная статья посвящена изучению свойств и особенностей применения резьбовых соединений арматуры в железобетонных конструкциях. После испытания образцов арматуры класса А500 с различными способами нанесения резьбы на растяжение рассматриваются следующие механические свойства: прочность, деформативность и пластичность арматурных стержней.

Abstract. This article is devoted to studying properties and features of application of threaded connections of reinforcement in reinforced concrete structures. After the test specimens reinforcement class A500 with different ways of drawing the thread tensile discusses the following mechanical properties: strength, deformability and ductility of reinforcing bars.

Ключевые слова: резьбовое соединение; цилиндрическая и коническая резьба; испытание на растяжение; механические свойства арматуры.

Keywords: threaded connection; cylindrical and tapered thread; tensile test; mechanical properties of the reinforcement.

В России в основном применяются сварные и нахлесточные соединения арматуры. Однако от применения сварных соединений отказываются, т. к. это связано с высокой стоимостью электроэнергии, а также с большой трудоемкостью сварных соединений при большом количестве стыкуемых стержней. Наиболее простой способ стыкования арматуры - соединение внахлестку без сварки. Но этот способ имеет существенные недостатки:

- 1) перерасход арматуры за счет перепуска стержней;
- 2) необходимость установки дополнительной поперечной арматуры в зоне соединения;
- 3) затруднение бетонных работ в густоармированных конструкциях.

Соединение арматурных стержней с помощью резьбовых и опрессованных механических соединений является альтернативным способом, который исключает все вышеперечисленные недостатки. Главным преимуществом при применении данного метода является повышение надежного соединения, что очень важно при строительстве высотных зданий. Поэтому во многих странах мира используют механические соединения, гарантирующие надежность соединения [4].

Резьбовое соединение – соединение арматуры с нарезанной или накатанной на концах арматурных стержней резьбой, стыкуемой с помощью муфты, имеющей резьбу, соответствующую резьбе на арматурных стержнях. Резьба на арматурных стержнях нарезается или накатывается на специальном оборудовании.

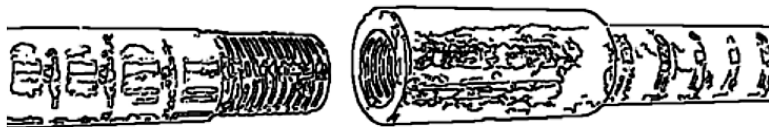


Рисунок 1. Резьбовое соединение арматуры

По типу резьбы на концах арматурных стержней резьбовые соединения подразделяются на соединения с цилиндрической или конической резьбой, которые создаются методом накатки или нарезки либо непосредственно по периодическому профилю арматурного стержня, либо на предварительно высаженной головке (участок увеличенного диаметра) на конце арматурного стержня. Накатка применяется при изготовлении цилиндрических резьб.

Существует две технологии подготовки арматуры для нарезки конической резьбы на концах арматурных стержней:

- 1) с предварительным обжатием;
- 2) без предварительного обжатия

Технология без предварительного обжатия: прочность стыка не ниже нормативного значения временного сопротивления применяемой арматурной стали.

Технология с предварительным обжатием: разрушение стыка вне зоны соединения по металлу соединяемых стержней. Перед нарезкой производится обжатие концов арматурных стержней на специально предназначенном для этих целей оборудовании.

Цилиндрическая резьба накатывается или нарезается на высаженной головке или накатывается непосредственно на поверхности арматурного стержня [2, с. 6, 22,30].

Ослабления сечения стержня после нарезки не происходит за счет увеличения диаметра конца стержня. При накатке цилиндрической резьбы ролики обжимают тело стержня, тем самым происходит упрочнение стержня, таким образом, при данном способе нет необходимости увеличивать диаметр стержня.

Образцы резьбовых соединений испытываются на растяжение в соответствии с требованиями ГОСТ 12004-81 «Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение».

База измерения деформаций l_6 при испытании образцов соединений равна длине соединительной муфты плюс расстояние равное не менее одного диаметра и не более трех диаметров, отложенных с каждой стороны муфты.

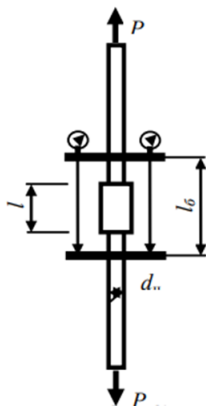


Рисунок 2. Схема испытания образца на растяжение

$$l_6 = l + 2 * (1 \div 3) * d_n,$$

где: l_6 – база измерения образцов соединений;
 l – длина соединительной муфты;
 d_n – диаметр соединяемого стержня.

Вычисляется усилие P_Δ , которое соответствует напряжениям в арматурных стержнях равных $0,6\sigma_T$ ($0,6\sigma_{0,2}$):

$$P_\Delta = F_{s,\phi} * 0,6\sigma_T,$$

где: $F_{s,\phi}$ – фактическая площадь сечения арматурных стержней.

Затем определяются полные деформации $\Delta_{\text{полн.}}$ соединения на базе измерения l_6 при усилии P_Δ . После чего вычисляются упругие деформации $\Delta_{\text{упр.}}$ на базе измерения l_6 при усилии P_Δ по формуле:

$$\Delta_{\text{упр.}} = l_6 * \frac{0,6\sigma_T}{E_s},$$

где: l_6 – база измерения деформаций, мм;
 E_s – нормативный модуль упругости арматурных стержней, численно равный $2 * 10^5$ МПа.

После чего определяется деформативность соединения Δ , которая равна разности между полными деформациями $\Delta_{\text{полн.}}$ и упругими деформациями $\Delta_{\text{упр.}}$:

$$\Delta = \Delta_{\text{полн.}} - \Delta_{\text{упр.}}$$

По полученным данным определяется временное сопротивление, пластические деформации на каждом этапе загрузки и строятся графики зависимости деформативности соединений от напряжений.

Данные о механических свойствах арматуры класса А500 с различными способами нанесения резьбы представлены в таблице.

Таблица 1.

Механические свойства арматуры класса А500

Диаметр соединяемой арматуры, мм	$\bar{\sigma}_{T_s}$, Н/мм ²	$S\sigma_{T_s}$, Н/мм ²	$\bar{\sigma}_{b_s}$, Н/мм ²	$S\sigma_{b_s}$, Н/мм ²	$\bar{\delta}_p$, %	$S\delta_p$, %	$\bar{\Delta}$, мм	$S\Delta$, мм
<i>Соединения арматуры с конусной резьбой</i>								
12-40	556,0	20,9	643,2	18,4	5,7	1,2	0,023	0,024
<i>Соединения арматуры с цилиндрической нарезанной резьбой</i>								
16-40	---	---	690,3	44,3	7,7	0,1	0,069	0,014
<i>Соединения арматуры с цилиндрической накатанной резьбой</i>								
12-40	582,8	37,7	712,9	35,5	8,4	2,7	0,03	0,036

Разрушение всех образцов резьбовых соединений арматуры класса А500С происходило при напряжении $\sigma_b > 600$ Н/мм², деформативность соединений не превышала 0,1 мм, а относительное удлинение соединяемых стержней $\delta_p > 2$ % [1, с. 10-12].

Таким образом, прочность, пластичность и деформативность растянутых механических соединений арматуры соответствует требованиям РА-10-1-04. [3, с. 16].

Также необходимо добавить, что впервые в России были разработаны технические условия для резьбовых механических соединений, в которых указаны требования прочности и деформативности, а также указаны геометрические размеры соединительных муфт и их область применения.

При использовании резьбовых соединений сокращается расход арматуры и время на устройство стыка [2, с. 21-22].

Список литературы:

1. Дьячков В.В. Свойства и особенности применения в железобетонных конструкциях резьбовых и опрессованных механических соединений арматуры: автореферат дис. ...канд. техн. наук. – Москва, 2009. – 22 с.
2. Методическое пособие: Применение механических соединений арматуры железобетонных конструкций. – Москва: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2016. – 89 с.
3. Стандарт организации: Требования к механическим соединениям арматуры железобетонных конструкций, предусмотренных рабочей документацией, при выполнении работ по строительству, реконструкции и капитальному ремонту ОИАЭ. – Москва, 2012. – 60 с.
4. Строительный портал StroyPuls.ru [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://stroypuls.ru/sgh/2007-sgh/93-maj-2007/27091/> (Дата обращения: 01.12.2017)

1.7. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРАСНЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА СЕЛЕКЦИИ ИНСТИТУТА «МАГАРАЧ» ДЛЯ ВОЗМОЖНОГО ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ИГРИСТЫХ ВИНМАТЕРИАЛОВ

Макаров Александр Семёнович

*д-р. техн. наук, профессор, зав. лабораторией игристых вин,
ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН»,
РФ, РК, г. Ялта*

Яланецкий Анатолий Яковлевич

*канд. техн. наук, ст. науч. сотр., начальник отдела технологии
вин и коньяков, ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН»,
РФ, РК, г. Ялта*

Шмигельская Наталия Александровна

*канд. техн. наук, н. с. лаборатории игристых вин,
ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН»,
РФ, РК, г. Ялта*

Лутков Игорь Павлович

*канд. техн. наук, ст. науч. сотр., в.н.с. лаборатории игристых вин,
ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН»,
РФ, РК, г. Ялта*

Шалимова Тамара Рафаиловна

*мл. науч. сотр., лаборатории игристых вин,
ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН»,
РФ, РК, г. Ялта*

Максимовская Виктория Алексеевна

*ведущий инженер лаборатории игристых вин
ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН»,
РФ, РК, г. Ялта*

Кречетова Валентина Васильевна
ведущий инженер лаборатории игристых вин
ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН»,
РФ, РК, г. Ялта

**STUDY OF QUALITATIVE INDICATORS OF RED GRAPE
VARIETIES OF SELECTION OF INSTITUTE
«MAGARACH» FOR POSSIBLE USE IN THE PRODUCTION
OF SPARKLING WINE MATERIALS**

Alexander Makarov
*Dr. Tech. Sci., Professor,
Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian National Research
Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of RAS»,
Russia, Yalta*

Anatolii Yalaneskii
*Cand. Techn. Sci., Senior Staff Scientist,
Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian National Research
Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of RAS»,
Russia, Yalta*

Natalia Shmigelskaia
*Cand. Techn. Sci.,
Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian National Research
Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of RAS»,
Russia, Yalta*

Igor Lutkov
*Cand. Techn. Sci., Senior Staff Scientist,
Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian National Research
Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of RAS»,
Russia, Yalta*

Tamara Shalimova

*Junior Researcher,
Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian National Research
Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of RAS» ,
Russia, Yalta*

Viktoria Maksimovskaia

*Leading Engineer
Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian National Research
Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of RAS»,
Russia, Yalta*

Valentina Krechetova

*Leading engineer
Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian National Research
Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of RAS»,
Russia, Yalta*

Аннотация. В статье рассмотрены углеводно-кислотный и фенольный комплексы винограда сортов новой селекции. Исследуемые сорта являются перспективными для расширения сырьевой базы виноделия.

Abstract. The article describes the carbohydrate-acid and phenolic complexes grapes of new selection. The investigated varieties are promising for expanding the raw materials base of winemaking.

Ключевые слова: виноград новой селекции; сусло; фенольный комплекс.

Keywords: grapes of new selection; a must; a phenolic complex.

Винодельческая продукция обладает достаточно высоким потребительским спросом и обеспечивает значительные финансовые поступления в бюджет страны. Для производства каждого типа вина определены, а для некоторых видов и регламентированы, лучшие сорта винограда, обеспечивающие высокое качество и конкурентоспособность готовой продукции. При этом посадки рекомендуемых сортов винограда, в частности и для производства игристых вин, весьма ограничены. Совершенствование и расширение сырьевой базы виноделия – является одним из базовых направлений развития виноградо-винодельческой отрасли. В связи с этим проводятся

исследования по возможному использованию разных сортов винограда [1-5, 7-10]. При этом особенный интерес представляют сорта селекции института «Магарач», характеризующиеся высокой устойчивостью к пониженным температурам, болезням и вредителям. Однако использование в производстве данных сортов винограда требует всестороннего их изучения.

Целью исследований являлось изучение основных технологических показателей винограда селекции института «Магарач», произрастающих в условиях предгорного района Крыма, с целью возможного использования их в производстве красных игристых виноматериалов.

Объектами исследований являлись сорта винограда Бастардо магарачский, Праздничный Магарача, Антей магарачский Ай-Петри, Рубиновый Магарача, произрастающие в предгорной районе Крыма.

Методы исследований. Физико-химический состав суслу определяли стандартизированными и принятыми в виноделии методами анализа. Технологическую оценку винограда осуществляли в соответствии с методическими указаниями [6].

Результаты и обсуждение. Для технологической и биохимической оценки качества винограда изучали физико-химические и технологические характеристики винограда и суслу (табл. 1).

Таблица 1.

Физико-химические и биохимические показатели суслу (г. ур. 2017)

№ п/п	Наименование	Массовая концентрация, г/дм ³		Величина pH	Активность МФМО, *10 ³
		сахаров	титруемых кислот		
1	Бастардо магарачский	202	5,5	3,2	10,14
2	Праздничный Магарача	188	8,2	2,7	10,43
3	Антей магарачский	174	10,3	2,9	2,84
4	Ай-Петри	188	5,5	2,9	2,31
5	Рубиновый Магарача	203	7,9	2,8	1,29

Примечание. МФМО – монофенол-монооксигеназа.

Выявлено, что в исследуемых сортах винограда массовая концентрация сахаров в сусле находилась в пределах 174-210 г/дм³, что соответствует ГОСТ Р 53023. Массовые концентрации титруемых кислот в исследуемых сортах винограда находились в диапазоне от 5,5 до 10,3 г/дм³.

На основе углеводно-кислотного комплекса суслу с целью определения направления использования сортов винограда устанавливали глюко-ацидометрический показатель (ГАП) и показатель технической зрелости (ПТЗ) (рис.1). В исследуемых сортах показатель ПТЗ находился в пределах 137-207, а ГАП – 1,6-4,0. По совокупному учету данных показателей согласно рекомендуемого диапазона значений, установленных для производства шампанских виноматериалов (ПТЗ до 190, ГАП до 2,7), соответствовали сорта - Праздничный Магарача, Антей магарачский, Рубиновый Магарача. А сорта Ай-Петри и Бастардо магарачский характеризовались более высокими показателями.

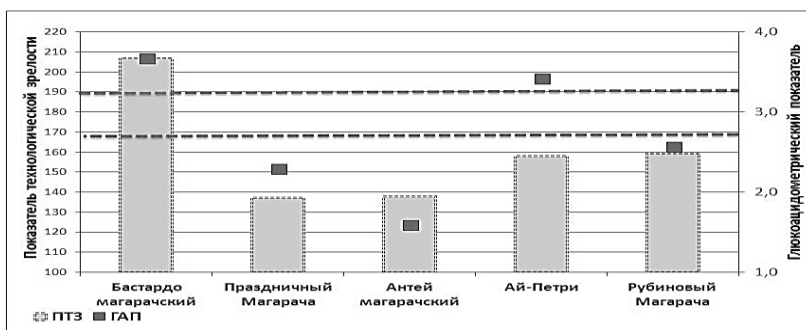


Рисунок 1. Показатель технической зрелости и углеводно-кислотный показатель изучаемых сортов винограда

При переработке винограда на игристые виноматериалы особое внимание уделяется процессам окисления и мерам его предотвращения. В связи с этим изучались монофенол-монооксигеназная и пероксидазная активности суслу изучаемых сортов винограда. Установлено, что активность пероксидазы во всех сортах была исключительно низкой или отсутствовала. Практически все изучаемые сорта винограда имели низкую монофенол-монооксигеназную активность (< 10 ус. ед. (*100)). Сорта винограда Бастардо магарачский и Праздничный Магарача характеризовались более высокой активностью МФМО - на уровне 10,5 ус. ед. (*100), что способствует быстрому прохождению окислительных процессов, в частности, окислению фенольных соединений, которые могут неблагоприятно повлиять на качество получаемых виноматериалов. Для блокирования действий окислительных ферментов при производстве виноматериалов рекомендуется проводить сульфитацию мезги в дозах SO_2 75-100 мг/дм³.

Таблица 2.

Показатели фенольного комплекса сусла (г. ур. 2017)

№ п/п	Наименование	Массовая концентрация, мг/дм ³						
		ФВисх	ФВох.	ФВмац	ТЗ ФВ	КВисх	КВмац	ТЗ КВ
1	Бастардо магарачский	295	387	439	1181	14	49	549
2	Праздничный Магарача	294	313	470	747	16	59	561
3	Антей магарачский	370	373	463	889	23	72	697
4	Ай-Петри	281	328	376	856	15	26	193
5	Рубиновый Магарача	514	642	982	1975	39	39	1331

Примечание. ФВ исх., КВ исх – исходное содержание соответственно фенольных и красящих веществ в сусле; ФВох.- содержание фенольных веществ после окисления исходного сусла в течение 1 ч.; ФВмац., КВ мац. - содержание соответственно фенольных и красящих веществ в сусле после настаивания мезги в течение 4 ч.; ТЗ ФВ, ТЗ КВ – технологический запас соответственно фенольных и красящих веществ.

Общеизвестно, что специфичность красных игристых вин обуславливается содержанием фенольных, в т. ч. красящих, веществ. Содержание фенольных и красящих веществ в виноматериале зависит от потенциала винограда и способа его переработки. В связи с этим в виноградной ягоде исследовали технологический запас фенольных, в т.ч. красящих, веществ, их исходное содержание, а также окисляющую и мацерирующую способности суммы фенольных, в т. ч. красящих, веществ в сусле.

Установлено, что ТЗ ФВ в изучаемых сортах находился достаточно в широком диапазоне от 747 (Праздничный Магарача) до 1975 (Рубиновый Магарача) мг/дм³, в т.ч. ТЗ КВ – от 193 (Ай-Петри) до 1331 мг/дм³ (Рубиновый Магарача).

Отмечено, что после прессования ягод в сусло (переработка «по-белому» способу) переходит от 25 до 42 % суммы фенольных веществ от технологического запаса фенольных веществ в зависимости от сорта винограда (ФВисх/ТЗ ФВ). Наибольшей процент перехода суммы фенольных веществ установлен в сортах Антей магарачский, Праздничный Магарача, а наименьший – в сортах Бастардо магарачский, Рубиновый Магарача. Красящих веществ после прессования

ягод в сусло экстрагируется в среднем от 2,6 до 7,8 % (КВисх/ТЗ КВ) в зависимости от сорта винограда.

С целью прогнозирования перехода фенольного комплекса в системе «виноград-виноматериал» в процессе выработки виноматериалов изучена мацерирующая способность винограда. Так, после настаивания мезги в течение 4 ч. в сусло экстрагируется от 37 до 63 % фенольных веществ от технологического запаса компонентов в винограде (ФВмац./ТЗФВ), в т.ч. красящих веществ - от 3 до 13 % (КВмац./ТЗКВ). Высокой мацерирующей способностью фенольных, в т.ч. красящих, веществ характеризовались сорта Праздничный Магарача, Антей магарачский, Ай-Петри.

Выводы. Таким образом, установлены особенности углеводно-кислотного и фенольного комплексов селекционных сортов винограда, произрастающих в условиях предгорного района Крыма. Практически все исследуемые сорта являются перспективными для расширения сырьевой базы виноделия. При этом следует провести дополнительные исследования технологических режимов, позволяющих раскрыть технологический потенциал винограда, при его переработке на конкретный тип виноматериалов, которые будут использованы в составе купажей для производства красных игристых вин.

Список литературы:

1. Mercado-Martín, G.I., J.A. Wolpert, and R.J. Smith. Viticultural evaluation of eleven clones and two field selections of Pinot noir grown for production of sparkling wine in Los Carneros, California. // Am.J. Enol. Vitic. - 2006. – 57. – P. 371-376.
2. Закладка виноградников клонами сортов - магистральный путь развития виноградарства РФ / Авидзба А.М., Яланецкий А.Я. [и др.] // Магарач. Виноградарство и виноделие. - 2015. - № 2. - С. 2-4.
3. Использование сортов винограда селекции НИВиВ «Магарач» в процессе производства игристых вин / Макаров А.С., Лутков И.П., Ермолин Д.В. [и др.] // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2011.- №4. – С. 19 – 20.
4. Исследование качества виноматериалов для игристых вин, выработанных из новых сортов винограда / Макаров А.С., Яланецкий А.Я., Загоруйко В.А., Лутков И.П., [и др.] //Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2009. - № 3. – С. 23-24.
5. Макаров А.С. Производство шампанского. - Симферополь: Таврия, 2008. - 416 с.
6. Методические указания. Методика оценки сортов винограда по физико-химическим и биохимическим показателям. РД 0033483.042. – Ялта: НИВиВ «Магарач». – 2005. – 22 с.

7. Совершенствование технологии красных столовых вин из интродуцированных клонов винограда на основе их технологической оценки: дисс ... канд. техн. наук: спец. 05.18.01 - Технология обработки, хранения и переработки злаковых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства / Н.А. Шмигельская. – Ялта, 2014. – 141 с.
8. Сравнительная характеристика виноматериалов из новых сортов винограда селекции НИВиВ «Магарач», выращенных в разных регионах Крыма / Макаров А.С., Лутков И.П., Яланецкий А.Я. [и др.] // Магарач. Виноградарство и виноделие. - 2013. - № 2. - С. 24-26.
9. Технологическая оценка красных сортов винограда для производства игристых виноматериалов / Макаров А.С., Яланецкий А.Я., Шмигельская Н.А., Лутков И.П. [и др.] // Магарач. Виноградарство и виноделие. - 2015. - № 1. - С. 24-26.
10. Технологическая оценка селекционных сортов винограда для производства красных игристых виноматериалов / Макаров А.С., Яланецкий А.Я., Шмигельская Н.А., Лутков И.П. [и др.] // Науч. тр. ГНУ СКЗНИИСиВ Российской академии сельскохозяйственных наук, 2016. - Т. 11. - С. 45-48.

1.8. ТРАНСПОРТ

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГИ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Аухадеев Авер Эрикович

*канд. техн. наук, доцент,
Казанский государственный энергетический университет,
РФ, г. Казань*

Киснеева Лейля Нургалиевна

*старший преподаватель,
Казанский государственный энергетический университет,
РФ, г. Казань*

Сидорова Анжела Алексеевна

*студент,
Казанский государственный энергетический университет,
РФ, г. Казань*

Мукимов Алмаз Халитович

*студент,
Казанский государственный энергетический университет,
РФ, г. Казань*

CONCEPTUAL MODEL OF ELECTRIC TRACTION OF URBAN ELECTRIC TRANSPORT

Aver Aukhadееv

*candidate of technical sciences, associate professor,
Kazan State Power Engineering University,
Russia, Kazan*

Leila Kisneeva

*senior Lecturer, Kazan State Power Engineering University,
Russia, Kazan*

Angela Sidorova

*student, Kazan State Power Engineering University,
Russia, Kazan*

Almaz Mukimov

*student, Kazan State Power Engineering University,
Russia, Kazan*

Аннотация. Проводится анализ электрической тяги городского электрического транспорта, позволяющий идентифицировать концептуальную модель ее построения. Полученные результаты послужат информационной основой построения адекватной математической модели.

Abstract. Analysis of electric traction of urban electric transport allowing to identify the conceptual model of its construction is carried out. The obtained results will serve as an information basis for constructing an adequate mathematical model.

Ключевые слова: электрическая тяга; городской электрический транспорт; электротехнические комплексы и системы; эффективность.

Keywords: electric traction; urban electric transport; electrotechnical complexes and systems; efficiency.

Анализ формирования и реализации электрической тяги (ЭТг) городского электрического транспорта ГЭТ позволит идентифицировать ее концептуальную модель, которая послужит информационной основой построения математической модели, необходимой для поиска решений актуальной задачи повышения ее эффективности в системе ГЭТ.

ГЭТ является сложнейшей системой, которая характеризуется большим числом элементов и внутренних связей, выполняющих сложную функцию удовлетворения потребности населения в перевозках. В системе ГЭТ можно выделить подсистемы и комплексы подсистем различного характера: технические, технологические, производственные и др. [1]. Для анализа ЭТг рассмотрим ГЭТ как производственно-техническую систему.

Техническую часть системы ГЭТ образуют подсистемы: электрический подвижной состав (ЭПС); путевое хозяйство (ПХ); заводы и депо (Д); устройства электроснабжения (ЭС); устройства связи и блокировки (СБ); средства управления движением (УД). Подсистемы, связанные функционально образуют комплексы различных

рангов, например, двухэлементные (ЭПС-ЭС, ЭПС-ПХ и т. п.) или трехэлементные (ЭПС-ПХ-ЭС, ЭС-ЭПС-УД и т. п.). Часть технической составляющей ГЭТ, включающую подсистемы ЭС и ЭПС можно выделить как электротехнический комплекс (ЭТК) ЭТг [2]. Структура и параметры данного ЭТК будут однозначно определяться системой ЭТг. Для определения различий в понятиях «электротехнический комплекс ЭТг» и «система ЭТг» рассмотрим производственную часть системы ГЭТ.

Транспортное производство (ТП) структурно может быть разделено на две подсистемы – управляющей и управляемой [3]. Первая – осуществляет интегративную «управленческую функцию», вторая – процесс ТП. Вместе эти подсистемы образует производственную часть системы ГЭТ. Управляемая подсистема является системой более высокого уровня для технической и др. подсистем ГЭТ. Входя в техническую систему, ЭТК ЭТг в совокупности с инструкциями, регламентами, правилами и т. п. формирует технологическую систему или «технологию электрической тяги», которую и называют термином «система электрической тяги». Техническая и технологическая системы ЭТг взаимосвязаны и взаимодействуют для достижения основной цели ГЭТ - реализации процесса перемещения пассажиров. Таким образом, ЭТг можно идентифицировать и как процесс. В [4] данный процесс определяется как перемещение с использованием ЭПС, т. е. как транспортный процесс, в [2] как производственный процесс превращения электроэнергии (ЭЭ) в грузопоток.

Анализ [5, 6], показывает, что понятия процессов «производственный» и «транспортный» с учетом специфики трать частью производственного.

Аналогично транспортный процесс лишь часть процесса ЭТг, характеризующий только управляемое механическое перемещения т. е. перевозочный процесс. ЭТг же включает в себя процессы образования управляемой тяги ЭПС, посредством превращения ЭЭ в механическую [2].

Анализ [3, 5, 7] показывает, что ЭТг можно идентифицировать как основной технологический процесс производственного процесса ГЭТ, в ходе которого происходит упорядоченная последовательность взаимосвязанных действий, направленных на обеспечение транспортного процесса ЭПС.

На основании вышесказанного, можно сделать вывод, что «электрическая тяга» это и «электротехнический комплекс», и «технологическая система» и «технологический процесс (рисунок 1).

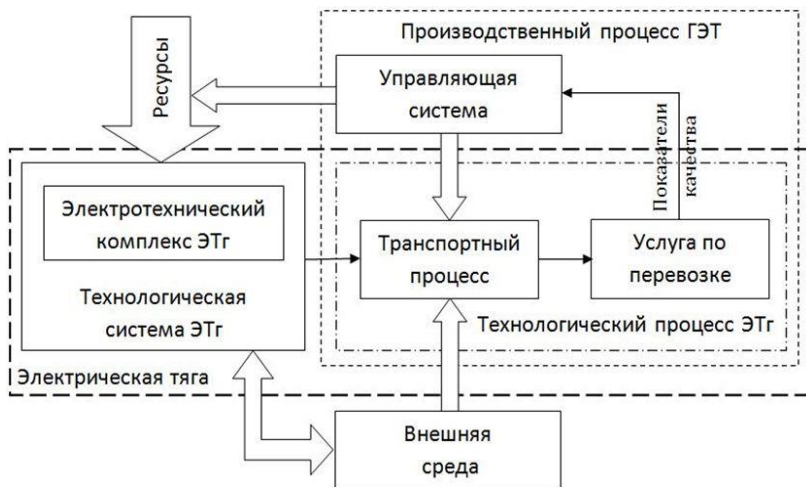


Рисунок 1. Концептуальная модель электрической тяги (ЭТг) в производственно-технической системе ГЭТ

Процесс ЭТг как часть производственного процесса рассматривается в теории транспортного менеджмента, а как определяющая технологического процесса механического движения в теории ЭТг. Для развития новых представлений о реализации ЭТг как сложного технологического процесса с целью поиска методов и средств повышения ее эффективности представляет научный интерес рассмотрение структурно-функциональные особенности процесса движения ЭПС в системе ГЭТ.

Результаты проведенного анализа могут быть переосмыслены с позиций синергетических представлений, что будет способствовать развитию общей теории электрической тяги в контексте современной научной методологии.

Список литературы:

1. Аухадеев А.Э. Саморазвитие транспортной системы современного города: Поиск инновационной модели интеллектуального управления. – М.: ВИНТИ, 2014. – 220 с.
2. Сопов В.И., Щуров Н.И. Системы электроснабжения электрического транспорта на постоянном токе. – Новосибирск: НГТУ, 2013. – 727 с.
3. Громов Н.Н. Менеджмент на транспорте. – М.: Академия, 2003. – 528 с.
4. Железнодорожный транспорт. Энциклопедия / под ред. Н.С. Конарева. – М.: Изд-во Большая Русская Энциклопедия, 1995. – 292 с.

5. ГОСТ 12.3.002–2014. Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности. – Введ. 2016–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 2016. – 18 с.
6. Вельможин А.В., Гудков В.А. Основы теории транспортных процессов и систем. – Волгоград: Изд-во ВолГТУ, 1992. – 189 с.
7. ГОСТ 27.004–85. Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения. – Введ. 1985–31–01. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 29 с.

1.9. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ С ПОМОЩЬЮ СТАТКОМ

Милютин Алексей Юрьевич

*магистрант, Омский государственный университет,
РФ, г. Омск*

Темников Евгений Александрович

*магистрант, Омский государственный университет,
РФ, г. Омск*

Готфрид Павел Андреевич

*бакалавр, Омский государственный университет,
РФ, г. Омск*

COMPENSATION OF REACTIVE POWER WITH THE HELP OF STATKOM

Aleksey Milyutin

*master student, Omsk State University,
Russia, Omsk*

Evgeny Temnikov

*master student, Omsk State University,
Russia, Omsk*

Pavel Gotfried

*bachelor, Omsk State University,
Russia, Omsk*

Аннотация. В статье рассмотрено определение реактивной мощности, приведены данные об источниках реактивной мощности, проанализировано негативное влияние реактивной мощности на элементы систем электроснабжения. Далее были рассмотрены основные

способы компенсации реактивной мощности, в частности, устройства СТАТКОМ. Затем был рассмотрен режим компенсации реактивной мощности в сети с помощью СТАТКОМ. Исследования проводились методом математического моделирования на ЭВМ в программе визуального программирования Simulink математического пакета Matlab.

Abstract. The article considers the definition of reactive power, provides data on reactive power sources, analyzes the negative effect of reactive power on the elements of power supply systems. Next, the main methods of reactive power compensation, in particular, the STATCOM device, were considered. Then, the reactive power compensation mode in the network was examined using STATCOM. The studies were carried out by mathematical modeling on a computer in the program of visual programming of Simulink mathematical package Matlab.

Ключевые слова: реактивная мощность; компенсация; СТАТКОМ; источники реактивной мощности; электроэнергетика.

Keywords: reactive power; compensation; STATCOM; reactive power sources; electric power.

Всем известно, что только два вида электрической энергии вырабатывается генератором переменного тока — это активная и реактивная. Активная энергия нужна для правильной работы таких потребителей, как лампы, электронагреватели, электрические машины и др.

Физически реактивная мощность определяет скорость преобразования электрической энергии в энергию магнитного поля и обратно, т. е. скорость обмена энергией между генератором и магнитным полем приемника электроэнергии. Реактивная мощность измеряется в вольт-амперах реактивных (Var) [3].

$$Q = UI = I^2 \omega L = I^2 X_L$$

Реактивная энергия никак не относится к выполнению полезной работы, однако её наличие нужно для возникновения электромагнитного поля, которое просто требуется для правильного функционирования трансформаторов и электродвигателей (ЭД).

Присутствие реактивной мощности носит негативный характер на правильную работоспособность электрической сети (ЭС). Как результат этого присутствия:

- появляются дополнительные потери в результате возрастания тока;

- негативная тенденция увеличения тока ЭС, с параллельным уменьшением $\cos\varphi$ сказывается на потери напряжения, а именно увеличение потерь напряжения во всех частях энергосистемы, что является фактором падения напряжения у потребителей;

- на промышленных производствах фактор падения напряжения отрицательно сказывается на нормальной эксплуатации электроприемников.

Уменьшается частота вращения электродвигателей, что соответственно влияет на производительность электрических машин, падает производительность электронагревателей, ухудшается световой поток ламп, и все это приводит к тому, что снижается качество продукции;

- в питающей сети возникают проблемы с пропускной способностью (падение пропускной способности);

- происходит отклонение напряжение сети от номинального значения;

- возникает дополнительная нагрузка на линии электропередач (ЛЭП), что требует увеличение сечения проводов и кабелей, а значит и увеличение капитальных затрат на ЭС [6, 9].

Решение проблемы

Использование метода компенсации реактивной мощности на данный момент является одним из самых оптимальных способов снижения используемой из сети реактивной мощности. Реализация этого метода происходит с помощью использования конденсаторных установок.

Компенсация реактивной мощности – это комплекс мероприятий направленных на установление баланса реактивной мощности в электроэнергетической системе для дальнейшей возможности изменения напряжения, а в распределительных для возможности сокращения потерь электроэнергии. Для компенсации реактивной мощности применяют компенсирующие устройства разной модификации [10].

Грамотная компенсация реактивной мощности дает возможность:

- уменьшить расходы на потребляемую электроэнергию;
- снизить нагрузку на распределительную сеть (питающие линии, распределительные устройства и трансформаторы), тем самым увеличивая их срок эксплуатации;

- сократить тепловые потери тока;
- уменьшить влияние высших гармоник;
- подавить помехи сети, снизить не симметрию фаз;
- сокращение экономических затрат на построение, обслуживание и эксплуатацию ЭС;

- повышение надежности ЭС.

Кроме того, в ЭС действующих на данный момент компенсация позволяет:

- разгрузить сеть от выработанной реактивной энергии во время минимальной нагрузки;
- нести меньшие затраты на ремонт и обновление электрооборудования;
- увеличить пропускную способность системы электроснабжения потребителя, что дает возможность подключить дополнительные нагрузки без экономических затрат;
- обеспечить возможность приема информации в реальном времени о состоянии и параметрах ЭС, а в возводимых сетях компенсация реактивной мощности позволяет сократить мощность устанавливаемых подстанций и использовать кабельные линии с более меньшим сечением, чем при отсутствии компенсации реактивной мощности [5, 2].

Для компенсации реактивной мощности применяются различные типы устройств, одним из самых эффективных является СТАТКОМ.

Статический компенсатор реактивной мощности (СТАТКОМ) это управляющее статическое устройство, емкостной или индуктивный ток которого может изменяться вне зависимости от напряжения ЭС, и с помощью которого можно регулировать напряжение, увеличивать пропускную способность линии, улучшить качество электроэнергии и повысить эффективность систем ее передачи и распределения за счет компенсации реактивной мощности.

СТАТКОМ выполняется на основе биполярных транзисторов с изолированным затвором – InsulatedGateBipolarTransistor (IGBT) и запираемые тиристоры IGCT (IntegratedGateCommutatedThyristor), GTO (Fateon-offThyristor), GCT (GateCommutatedThyristor). При этом вентили на основе IGBT отличаются наиболее низкими потерями на переключение, это позволяет использовать их на высоких частотах и допускает использование алгоритмов широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

Принцип работы устройства СТАТКОМ похож на работу устройств БП: напряжение, поступающее от источника постоянного тока, преобразуется в синусоидальное с промышленной частотой тока (50 Гц) при использовании ШИМ [1].

Устройства СТАТКОМ имеют множество различных вариаций. На рисунке 1 рассмотрена упрощенная схема СТАТКОМ с преобразователем напряжения.

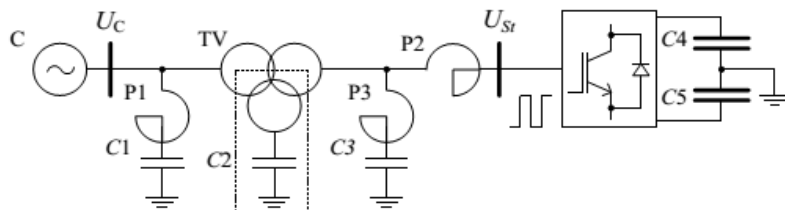


Рисунок 1. Схема СТАТКОМ с преобразователем напряжения

Рассмотрим основные элементы, из которых состоит СТАТКОМ:

1. Статический преобразователь. Данное устройство может работать в нескольких режимах, оно способно и потреблять и генерировать реактивную и активную мощности. Такие устройства обычно эксплуатируются в крытых помещениях;

2. Трансформатор, с помощью которого происходит подключение устройств СТАТКОМ к системе электроснабжения с высоким напряжением;

3. Участок постоянного тока, служащий для стабилизации напряжения и тока;

4. Фильтр, с помощью которого обеспечивается синусоидальная форма кривых фазных токов (напряжений) [8].

Используя устройства СТАТКОМ можно добиться изменения напряжения по модулю и по фазе. Значение активной и реактивной мощностей можно изменять независимо друг от друга. Это говорит о том, что устройства СТАТКОМ могут эксплуатироваться в четырех квадрантах.

Проведём анализ работы системы электроснабжения при наличие устройства компенсации РМ и при его отсутствии.

Одним из самых эффективных методов исследования процессов, которые происходят в СЭС, является метод имитационного моделирования. Рассмотрим имитационную модель линии со сосредоточенными параметрами, через которую протекает нагрузка, изменяющая своё значение каждые 3 секунды. Имитационная модель выполнена с помощью пакета расширения визуального моделирования Simulink, который входит в состав программы Matlab (рисунок 2) [3, 6].

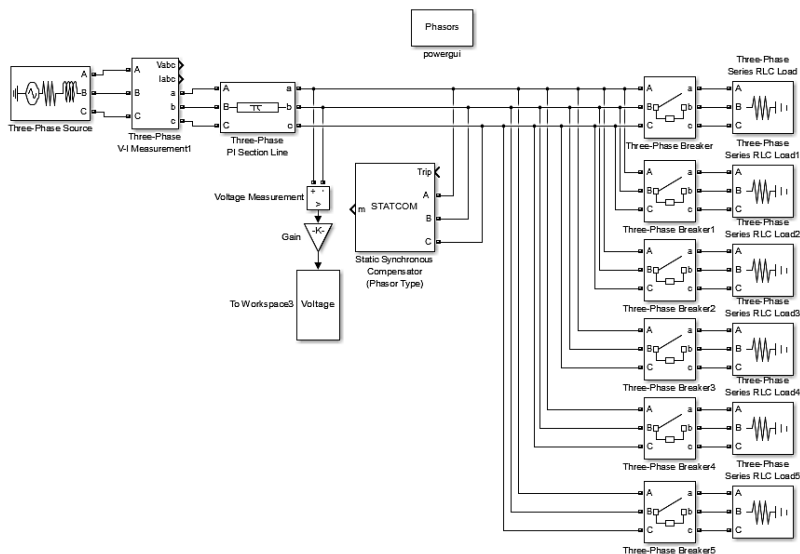


Рисунок 2. Имитационная модель компенсации реактивной мощности с помощью СТАТКОМ

Блок Three-PhaseSource имитирует источник электрической энергии, Three-PhasePiSectionLine – линия с распределенными параметрами, выключатель QF1 необходим для включения и отключения СТАТКОМ, выключатели QF2–QF7 используются для включения разных значений нагрузки через каждые 3 секунды.

На рисунке 3 представлена осциллограмма линейного напряжения на конце линии без устройства СТАТКОМ

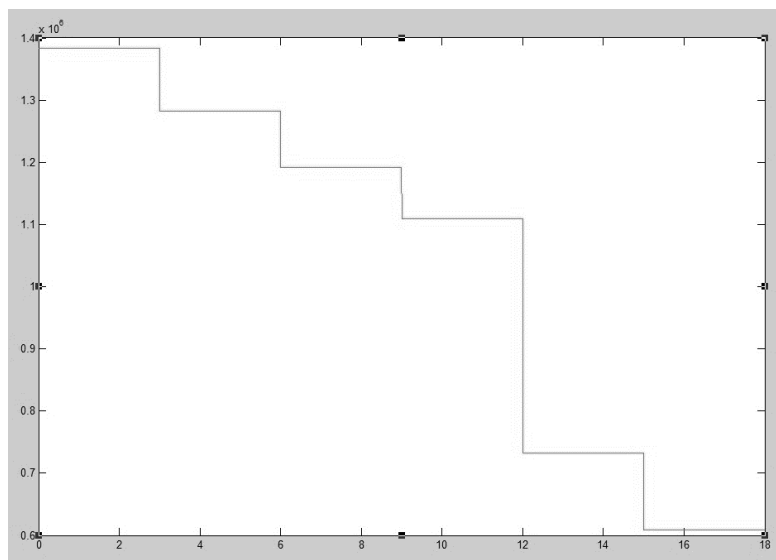


Рисунок 3. Осциллограмма линейного напряжения на конце линии без устройства СТАТКОМ

На рисунке 4 показана осциллограмма линейного напряжения на конце линии с устройством СТАТКОМ

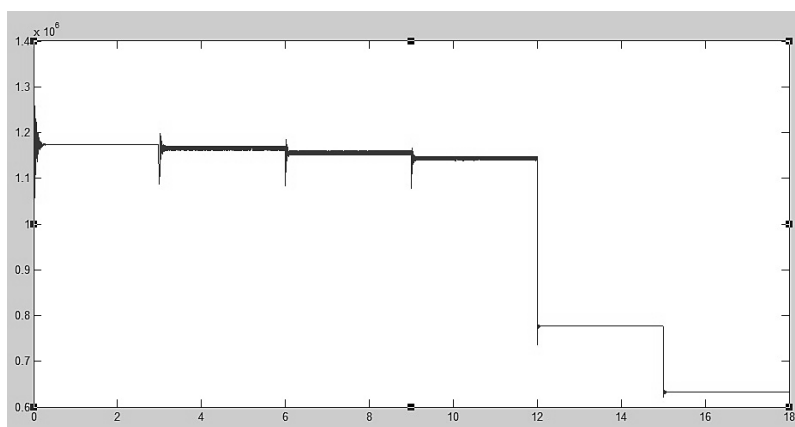


Рисунок 4. Осциллограмма линейного напряжения на конце линии с устройством СТАТКОМ

Анализируя полученные осциллограммы можно увидеть, что при компенсации реактивной мощности с помощью СТАТКОМ при одинаковой нагрузке напряжение в конце линии заметно уменьшилось.

Заключение

Компенсация РМ с помощью устройств СТАТКОМ позволяет снизить величину напряжения в линиях электропередач. Это приводит к уменьшению потерь электрической энергии и способствует увеличению пропускной способности линий. Из вышеперечисленного можно сделать вывод, что благодаря компенсации РМ возможно добиться ощутимой выгоды, а также увеличить срок службы электрооборудования.

Список литературы:

1. Бурман А.П. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем / А.П. Бурман, Ю.К. Розанов, Ю.Г. Шакарян. М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – 336 с.
2. Климов В.П. Компенсаторы реактивной мощности и мощности искажения в системах гарантированного электропитания промышленного назначения. / В.П. Климов. // Силовая электроника. – 2008. – № 3.
3. Кумаритов А.М. Компенсация реактивной мощности при несимметричной нагрузке в условиях горных территорий / А.М. Кумаритов, А.В. Хомяков // Устойчивое развитие горных территорий. –2010. – № 2. – С. 57-63.
4. Минин Г.П. Библиотека электромонтера. Реактивная мощность / Г.П. Минин. – М.: Энергия, 1963. – 88 с.
5. Паули В.К. Компенсация реактивной мощности как эффективное средство рационального использования электроэнергии. / В.К. Паули, Р.А. Воротников // Энергоэксперт. – 2007. – № 2.
6. Саенко Ю.Л. Методы компенсации реактивной мощности в сетях с нелинейными нагрузками / Ю.Л. Саенко, Т. К. Бараненко, Е.В. Бараненко // ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет». – 2013.
7. Фардиев И.Ш. Влияние реактивной мощности на точность автоматизированного определения фактических технологических потерь электроэнергии на линиях электропередачи. / И.Ш. Фардиев, Ю.В. Щелоков, В.М. Меер // Энергетика Татарстана. –2007. – № 1. – С. 81-88.
8. Четти П. Проектирование ключевых источников электропитания / П. Четти М.: Энергогазмиздат, 1988. – 294 с.
9. Шакуров Д.Р. Компенсация реактивной мощности. / Д.Р. Шакуров, Т.Р. Терегулов // Уфимский государственный авиационный технический университет. – 2016. – № 3(3). – С. 10-12.
10. Singh B. Neural network-based selective compensation of current quality problems in distribution system / B. Singh, V. Verma, J. Solanki // IEEE Trans. on Industrial Electronics. – 2007. – Vol. 54. – P. 53-60.

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ (ПОДВЕСЫ) ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВЭУ

Милютин Алексей Юрьевич

*магистрант, Омский государственный университет,
РФ, г. Омск*

Темников Евгений Александрович

*магистрант, Омский государственный университет,
РФ, г. Омск*

Готфрид Павел Андреевич

*бакалавр, Омский государственный университет,
РФ, г. Омск*

APPLICATION OF MAGNETIC SYSTEMS (HANGERS) IN THE DESIGN OF WINDMILLS

Aleksey Milyutin

*master student, Omsk State University,
Russia, Omsk*

Evgeny Temnikov

*master student, Omsk State University,
Russia, Omsk*

Pavel Gotfried

*bachelor, Omsk State University,
Russia, Omsk*

Аннотация. В этой статье рассмотрены типы ветроэлектрических установок (ВЭУ), их преимущества перед другими нетрадиционными источниками энергии и проблемы, возникающие при эксплуатации. Выделены основные типы магнитных систем (подвесов) (пассивные магнитные подшипники (ПМП), активные магнитные подшипники (АМП), гибридные магнитные подшипники (ГМП) и сверхпроводниковые магнитные подшипники (СМП)), показана структура таких систем и проведёт их сравнительный анализ. Разобраны достоинства и недостатки каждого типа. На основе проведённого анализа рассмотрена возможность применения магнитных систем (подвесов) в ВЭУ.

Abstract. In this article, the types of wind power plants (VEU), their advantages over other unconventional energy sources and the problems arising during operation are considered. The main types of magnetic systems (suspensions) (passive magnetic bearings, active magnetic bearings, hybrid magnetic bearings and superconducting magnetic bearings, are shown), the structure of such systems is shown and their comparative analysis is carried out. The advantages and disadvantages of each type are disassembled. Based on the analysis, the possibility of using magnetic systems (suspensions) in the wind turbine is considered.

Ключевые слова: ветроэнергетика; энергосбережение; магнитная система; подвес; магнитный подшипник.

Keywords: wind energy; energy saving; magnetic system; suspension; magnetic bearing.

С каждым годом запасы природных ресурсов, таких как нефть, газ и уголь стремительно истощаются, а их добыча пагубно влияет на природу. Для того, чтобы сэкономить эти ресурсы, а в будущем полностью отказаться от их использования и тем самым сохранить природу большое распространение получают нетрадиционные источники энергии. К ним относятся солнце, ветер, океанические приливы, тепло земных глубин. Отличительной особенностью таких источников является их полная экологическая безопасность и возобновляемость.

Одним из наиболее привлекательных направлений развития нетрадиционных источников энергии является ветроэнергетика. Запасы энергии ветра более чем в сто раз превышают запасы гидроэнергии. При этом ветра дуют зимой и летом, днём и ночью.

Для преобразования ветровой энергии в электрическую применяются ветроэнергетические установки (ВЭУ). ВЭУ бывают двух типов - с горизонтальной и вертикальной осью вращения. Первый тип наиболее распространён (около 98 % всех ВЭУ) [1]. Второй тип получил не такое широкое распространение, при этом его можно использовать в регионах с малыми скоростями ветра, например, в Омской области, где скорость ветра около 5 м/с [3]. Такие ВЭУ, по оценкам специалистов, наиболее перспективны [9, 11] имеют ряд недостатков. Одним из главных недостатков является их большой вес, который давит на опорные подшипники. Вследствие этого снижается срок службы установки, увеличиваются механические потери и, соответственно, снижается КПД.

Решение проблемы

Данный недостаток можно исправить, используя вместо традиционных подшипников магнитные системы (подвес). Магнитный подвес находит огромное применение в современной технологической эпохе. Это особый тип подшипника, в котором действие подшипника достигается за счет использования магнитных сил между двумя вращающимися поверхностями из магнитного материала противоположной полярности. Эти две вращающиеся поверхности не имеют физического контакта, следовательно, нет проблем с износом и малым сроком службы, вызванными контактной усталостью. Магнитные подшипники обладают повышенной долговечностью, высокой надежностью, отсутствием смазки, при этом их можно использовать в экстремальных погодных условиях [14].

По способу создания магнитного поля в воздушном зазоре магнитные системы разделены на 4 группы [5]:

- сверхпроводниковые магнитные подшипники (СМП);
- пассивные магнитные подшипники (ПМП);
- активные магнитные подшипники (АМП);
- гибридные магнитные подшипники (ГМП);

Принцип действия сверхпроводниковых магнитных подшипников основан на взаимодействии объемных высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) с магнитным полем. Такие подшипники имеют устойчивую стабилизацию ротора и им не требуется сложная электронная аппаратура. На данный момент разработано несколько конструкций подшипников этого типа, которые отличаются магнитным полем, а также взаимным расположением постоянных магнитов [8, 6, 4, 7]. Одна из таких конструкций приведена на рисунке 1 [2].

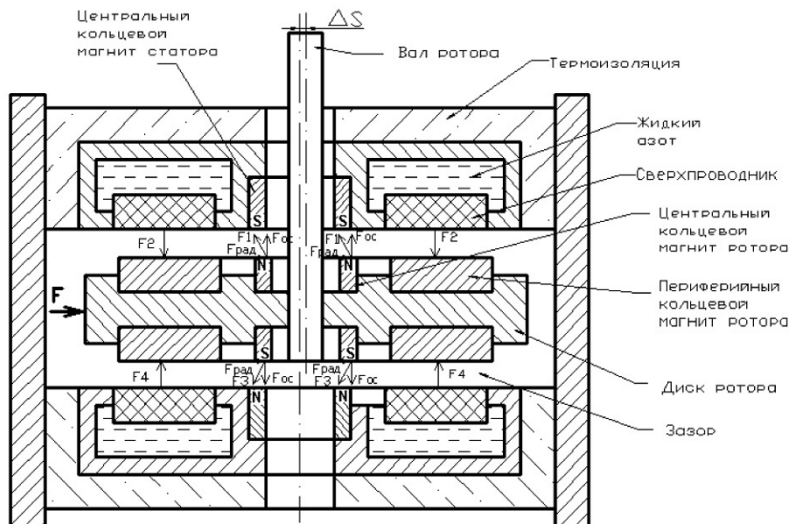


Рисунок 1. Конструктивная схема магнитной системы на сверхпроводниковых магнитных подшипниках

СМП имеют ряд недостатков, например, достаточно сложная конструкция, а также чрезмерная стоимость. Поэтому применение их в ВЭУ считается нецелесообразной.

Главным отличием пассивных магнитных подшипников является отсутствие активных элементов, то есть магнитное поле создается с помощью постоянных магнитов. В качестве материала для изготовления постоянных магнитов используется интерметаллическое соединение NdFeB (сплав неодима, железа и бора) [7]. На рисунке 2 условно показан принцип работы ПМП.

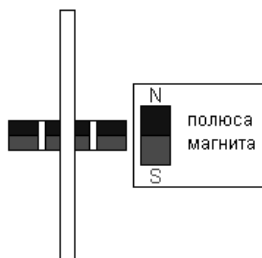
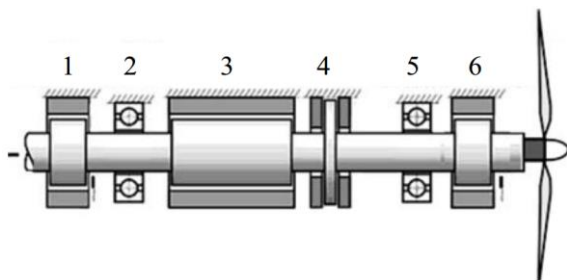


Рисунок 2. Пассивный магнитный подшипник

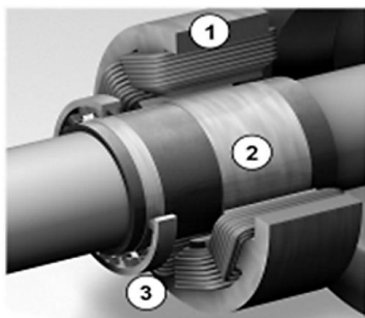
Постоянные магниты кольцом располагаются вокруг ротора и статора. Эффект левитации вала возникает вследствие того, что одноименные полюса магнита расположены в радиальном направлении. Магнитные системы на ПМП очень просты в создании, не требуют больших затрат, они также не требуют дополнительных источников энергии для поддержания вала в состоянии левитации. Недостатками таких подвесов является то, что они обладают малой механической прочностью и не способны поддерживать стабильное положение вала длительное время, поэтому для использования в ВЭУ их нужно применять вместе с традиционными подшипниками (рисунок 3), либо с АМП [20].



Примечание: 1 - задний ПМП, 2 - задний опорный подшипник, 3 - генератор, 4 - осевой магнитный подшипник, 5 - передний опорный подшипник, 6 - передний ПМП.

Рисунок 3. Конструктивная схема ВЭУ на ПМП

Активные магнитные подвесы состоят из двух частей - активного магнитного подшипника и электронной системы управления магнитным полем (рисунок 4).



Примечание: 1, 3 - силовые катушки, 2 – вал.

Рисунок 4. Устройство активной магнитной системы (подвеса)

В таких подвесах используется ротор, модифицированный ферромагнитными блоками, он находится в подвешенном состоянии в магнитном поле, которое создается электромагнитными катушка, расположенными радиально на статоре. Среди существующих АМП наиболее классический - восьмиполусный, предложенный ученым Йоджи Окадой (рисунок 5) [10], [15].

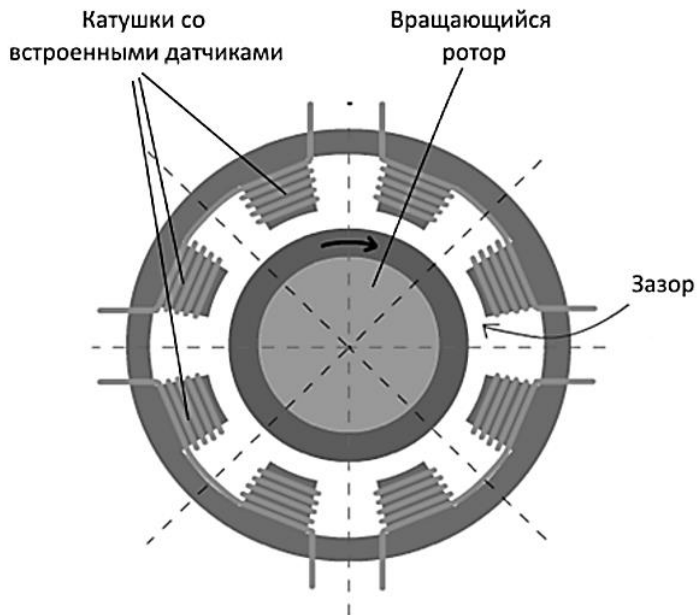


Рисунок 5. Магнитная система с АМП в разрезе

В работах [19], [17], [18] рассмотрены другие типы АМП, которые получили не такое широкое распространение.

Показанным на рисунке 5 магнитным подвесом управляет специальная электронная система, отслеживающая положение ротора относительно катушек с помощью датчиков. Если происходит даже незначительное смещение, данная система подаёт управляющий ток на одну из восьми катушек, что обеспечивает поддержание ротора в одном устойчивом положении (рисунок 6).

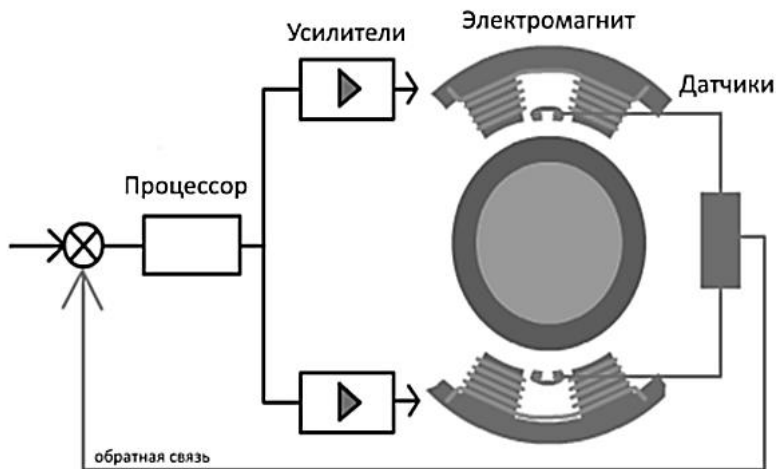


Рисунок 6. Устройство электронной системы управления

Расчет таких систем более подробно рассмотрен в работе [12].

Достоинствами АМП является их относительно небольшой размер, повышенная износоустойчивость, минимальные потери, высокая надежность и не подверженность вибрациям.

К недостаткам относится: сложность управления, необходимость использования дополнительных (страховочных) подшипников, так как резкая потеря напряжения может привести к выходу из строя всей механической системы, а также нагрев катушек, возникающий из-за протекания тока, который создаёт магнитное поле.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что применение АМП в ВЭУ имеет хорошую перспективу и высокую исследовательскую ценность [20].

Гибридный подшипник лишен недостатков, присущих АМП и ПМП. Магнитные системы (подвесы) на таких подшипниках обладают высокой надежностью, стабильностью и долговечностью. Единственным недостатком является их относительно высокая стоимость [16].

ГМП является одним из наилучших вариантов для использования в ВЭУ, позволяет запускать их с низкоскоростным ветром, а за счет очень низких потерь снижает стоимость производства электроэнергии.

На рисунке 7 показано поперечное сечение ВЭУ, оснащенной ГМП.

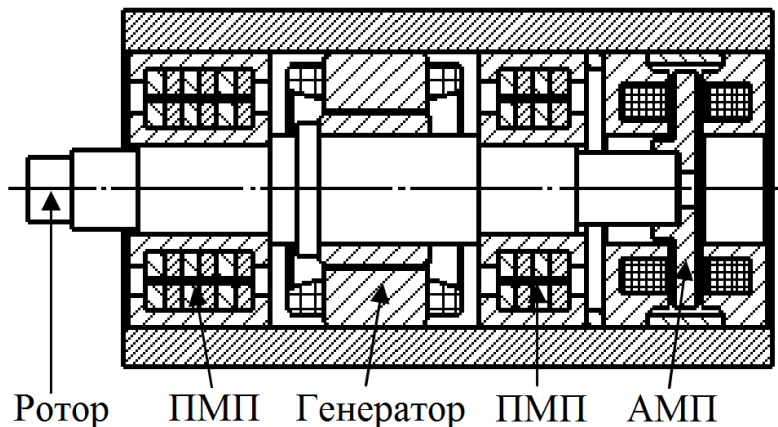


Рисунок 7. Структура ветрогенератора с ГМП

Заключение

Проведенные исследования показали перспективность использования магнитных систем (подвеса) в ветроэнергетических установках. Эти системы очень надежны, имеют большой срок службы и высокий КПД, в них отсутствуют трущиеся детали, что позволяет ВЭУ работать при низких скоростях ветра.

Список литературы:

1. Безруких П.П. Ветроэнергетика. Вымыслы и факты. Ответы на 100 вопросов / П.П. Безруких, П.П. Безруких (младший). – М. Институт устойчивого развития Общественной палаты Российской Федерации / Центр экологической политики России, 2011. – 74 с.
2. Климат Омска / Под ред. Ц.А. Швер. Ленинград: Гидрометеиздат, 1980. – 246 с.
3. Бубенчиков А.А. Использование магнитных подвесов при проектировании ВЭУ с вертикальной и горизонтальной осью вращения / А.А. Бубенчиков, Д.С. Айдосов, Н.А. Коломеец // Молодой ученый. – 2016. – № 22.3. – С. 7-11.
4. Галась М.И. О целесообразности создания вертикально-осевых ветро-электрических установок мегаваттного класса / М.И. Галась, Ю.П. Дымковец, Н.А. Акаев и др. // Энергетическое строительство. – 1991. – № 3. – С. 33-37.
5. Грибанов С.В. Расчет магнитных систем с элементами из высокотемпературных сверхпроводящих материалов / С.В. Грибанов, Ю.В. Кулаев, П.А. Курбатов и др. // Электричество. – 2009. – № 2. – С. 51-57.

6. Матвеев В.А. и др. Бесконтактная радиально-упорная опора на высокотемпературных сверхпроводниках: пат. № 2270940 РФ. 2006.
7. Полущенко О.Л. Магнитные бесконтактные подшипники с использованием объемных ВТСП элементов / О.Л. Полущенко, Н.А. Нижельский, В.А. Матвеев и др. // Сборник трудов 3-й международной конференции “Фундаментальные проблемы высокотемпературной сверхпроводимости”. – 2008. – С. 280-281.
8. Полущенко О.Л. Магнитный подшипник на высокотемпературных проводниках с пассивной стабилизацией ротора / О.Л. Полущенко, Н.А. Нижельский, М.А. Сысоев // Наука и образование. – 2013. – № 5. – С. 223-234.
9. Полущенко О.Л. Роторная система с опорами на основе объемных высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) / О.Л. Полущенко, Н.А. Нижельский, М.А. Сысоев // Известия ВУЗов. Машиностроение. – 2011. – № 3. – С. 59-66.
10. Турян К.Дж. Мощность ветроэлектрических агрегатов с вертикальной осью вращения / К. Дж. Турян, Дж.Х. Стрикленд, Д.Э. Берг // Аэрокосмическая техника. – 1988. – № 8. – С. 105-121.
11. Dawid Wajnert. Calculation of the magnetic bearing parameters / Dawid Wajnert, Bronislaw Tomczuk, Dariusz Koterak // 2017 International Symposium on Electrical Machines (SME). – 2017. – P. 1-5. doi: 10.1109/ISEM.2017.7993537.
12. Frank N. Werfel. HTS Magnetic Bearings in Prototype Application / Frank N. Werfel, Uta Floegel-Delor, Thomas Riedel and others // IEEE Transactions on Applied Superconductivity. – 2010. – Vol. 20. – P. 874-879. doi: 10.1109/TASC.2010.2040261.
13. Haris Sheh Zad. Design and Adaptive Sliding Mode Control of Hybrid Magnetic Bearings / Haris Sheh Zad; Talha Irfan Khan; Ismail Lazoglu // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2017. – P. 1-10. doi: 10.1109/TIE.2017.2739682.
14. Huachun Wu. Development of Small Wind Generator Based on Hybrid Magnetic Bearing / Huachun Wu, Xiuzhen Wang, Yefa Hu // 2009 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference. – 2009. – P. 1-4. doi: 10.1109/APPEEC.2009.4918279.
15. Leitao Wu. Analytical Model of Radial PM biased Magnetic Bearing with Assist Poles / Leitao Wu, Dong Wang, Zhenzhong Su and others // IEEE Transaction on Applied Superconductivity. – 2016. – Vol. 26. doi: 10.1109/TASC.2016.2594820.
16. Li Ji. Research on a Low Power Consumption Six-Pole Heteropolar Hybrid Magnetic Bearing / Li Ji, Longxiang Xu, Chaowu Jin // IEEE Transactions on Magnetics. – 2013. – Vol. 49. – P. 4918-4926. doi: 10.1109/TMAG.2013.2238678.

17. Lin-jing Xiao. Analysis of Radial Magnetic Bearing Used in Magnetic Suspension Wind Power Generator / Lin-jing Xiao, Chuan-yu Sun, Peng Li // 2010 International Conference on E-Product E-Service and E-Entertainment. – 2010. – P. 1-4. doi: 10.1109/ICEEE.2010.5661135.
18. L. Papini. Active Magnetic Bearing system design featuring a predictive current control / L. Papini, L. Tarisciotti, A. Costabeber and others // IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. – 2016. – P. 3217-3222. doi: 10.1109/IECON.2016.7793444.
19. Schweitzer G. Active magnetic bearings - chances and limitations / Schweitzer G // International Centre for Magnetic Bearings, ETH Zurich, CH-8092 Zurich. – 2002.
20. Shilei Xu. Decoupling Structure for Heteropolar Permanent Magnet Biased Radial Magnetic Bearing With Subsidiary Air-Gap / Shilei Xu, Jinji Sun // IEEE Transactions on Magnetics. – 2014. – Vol. 50. doi: 10.1109/TMAG.2014.2312396.
21. Y. Okada. MiracBearing: New concept of miracle magnetic bearings / Y. Okada, H. Koyanagi, K. Kakihara // 9th Int. Symp. Magn., Lexington, NY, USA. – 2004. – P. 63-68.

1.10. ЭНЕРГЕТИКА

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТИЧЕСКОГО НАГРЕВА ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ В РАСЧЕТЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ ОТ ВЫСШИХ ГАРМОНИК

Долгих Надежда Николаевна

*аспирант кафедры
«Электроснабжение промышленных предприятий»
Омского государственного технического университета,
РФ, г. Омск*

Горовой Сергей Анатольевич

*студент Омского государственного технического университета,
РФ, г. Омск*

Скорородов Вячеслав Игорьевич

*студент Омского государственного технического университета,
РФ, г. Омск*

EVALUATION OF INFLUENCE OF ACTUAL HEATING OF CURRENT PARTS IN CALCULATION OF ADDITIONAL POWER LOSSES FROM HIGHER HARMONICS

Nadezda Dolgikh

*post-graduate student of the department
"Electricity supply of industrial enterprises"
Omsk State Technical University,
Russia, Omsk.*

Sergey Gorovoy

*student of the department
"Electricity supply of industrial enterprises"
Omsk State Technical University,
Russia, Omsk*

Vyacheslav Skorohodov
student of the department
"Electricity supply of industrial enterprises"
Omsk State Technical University,
Russia, Omsk

Аннотация. В статье приведен численный эксперимент показывающий влияние фактического нагрева токоведущих частей, вызванный высшими гармониками, на относительную погрешность расчета потерь.

Abstract. The article presents a numerical experiment showing the effect of the actual heating of current-carrying parts, caused by higher harmonics, on the relative error of calculating losses.

Ключевые слова: пакетное вейвлет преобразование; высшие гармоники; потери мощности; температурная зависимость сопротивления.

Keywords: packet wavelet transformation; higher harmonics; power loss; temperature dependence of resistance.

Введение

В связи с увеличением доли электрических приёмников, имеющих нелинейную вольт-амперную характеристику, одной из актуальных задач для энергоснабжающих организаций остается обеспечение качества электроэнергии. Широкое распространение частотно-регулируемого электропривода, силовой электроники, выпрямительных устройств электроники и светодиодных источников света определяет необходимость контроля и анализа несинусоидальных режимов систем электроснабжения. Степень допустимости несинусоидальных режимов определяется уровнем высших гармоник, регламентированным действующими в России [1], Европейском Союзе [2] и США [3] нормативных документах. Высшие гармоники в токоведущих частях являются причиной возникновения:

- дополнительных потерь мощности и энергии;
- повышения фактической температуры токоведущих частей выше допустимого уровня;
- ускорению процесса старения (выхода из строя) изоляции и т.д.

Как показали исследования [4], в рабочем диапазоне температур токоведущих частей активное сопротивление может изменяться в диапазоне до 40 %. Следовательно, для корректного расчета дополнительных потерь следует учитывать фактическую температуру токоведущих частей, в том числе дополнительный нагрев, вызываемый высшими гармониками [4]. Анализ влияния высших гармоник на

изменение температуры и срок службы кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена посвящена работа [5]. Авторы провели численные эксперименты в программе MATLAB, подтвердившие сокращение срока службы как для алюминиевых, так и для медных жил кабелей [5]. Негативное влияние высших гармоник на срок службы изоляции силовых кабелей при несинусоидальных режимах системы электропитания исследовано в статье [6]. С помощью программы SABER была исследована длительность срока службы изоляции кабеля при синусоидальных и несинусоидальных режимах. Расчеты показали, что наличие высших гармоник может сократить срок службы изоляции в два раза [6]. В работе [7] авторы исследуют дополнительный нагрев токоведущих частей при несимметричной нагрузке, имеющей нелинейную вольт-амперную характеристику. В работе [10] авторы рассмотрели алгоритм учета температурной зависимости токоведущих частей в расчетах потерь мощности и энергии при наличии высших гармоник. Расчет показал, что при установке ФКУ погрешность снижения потерь мощности при неучете нагрева составляет 40 %. В работе [10] было определено, что при больших коэффициентах загрузки (более 0,3) необходимо учитывать нагрев проводников.

Численный эксперимент

Известно, что активное сопротивление металлических проводников зависит от температуры. Эту зависимость можно выразить следующей формулой:

$$R = R_0 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\theta_{окр} + \theta_n) \right] \quad (1)$$

где: R_0 – сопротивление проводника при 0°C ;

α – температурный коэффициент сопротивления;

$\theta_{окр}$ – температура окружающей среды;

θ_n – превышение температуры проводника над температурой окружающей среды.

Для того чтобы рассчитать несинусоидальный режим с учетом температуры, необходимо в той или иной форме задать функциональную зависимость температуры проводников от параметров режима электрической сети. Эта зависимость для разных элементов сети имеет разный вид, который определяется уравнениями теплового баланса [8].

Уравнение теплового баланса трансформатора в стационарном режиме [8]:

$$\frac{P^2 + Q^2}{U^2} R_m = A \quad (2)$$

Кабель, проложенный в воздухе, охлаждается путем переноса тепла от наружной поверхности к окружающему воздуху путем конвекции. Наряду с этим некоторое значение имеет и передача тепла посредством теплового излучения.

Уравнения теплового баланса кабеля в воздухе в стационарном режиме [8]:

$$\frac{P_{кл}^2 + Q_{кл}^2}{U_{кл}^2} R_{к} = \frac{\Theta_{жс}}{S_{к} + A_{к} \Theta_{п}^{-0,25}} = \frac{\Theta_{п}^{1,25}}{A_{к}} = \frac{\Theta_{жс} - \Theta_{п}}{S_{к}}, \quad (3)$$

где: $A_{к}$ – коэффициент теплоотдачи;

$\Theta_{п}$ – превышение температуры поверхности кабеля над температурой окружающей среды (перегрев поверхности кабеля), К;

$S_{к}$ – тепловое сопротивление кабеля для всей длины, °С/Вт, которое определяется по формуле:

$$S_{к} = S_{к,уд} / l_{к}, \quad (4)$$

где: $S_{к,уд}$ – тепловое сопротивление 1м кабеля, °С·м/Вт.

Для системы электроснабжения, представленной на рисунке 1, были проведены физические эксперименты по измерению показателей качества электроэнергии в части несинусоидальности. Были получены фактические осциллограммы напряжения на секциях шин 6 кВ (рис. 2) и спектральный состав напряжения (рис. 3). В результате эксперимента было установлено, что фактические уровни 5-й и 7-й гармоник не соответствуют требованиям ГОСТ [1] по критерию n-ной гармонической составляющей. Уровень 5-й гармоники достигает значения 9% (рис. 3), ГОСТ [1] допускает не более 4%; уровень 7-й гармоники достигает 4% при требовании ГОСТ не более 3%.

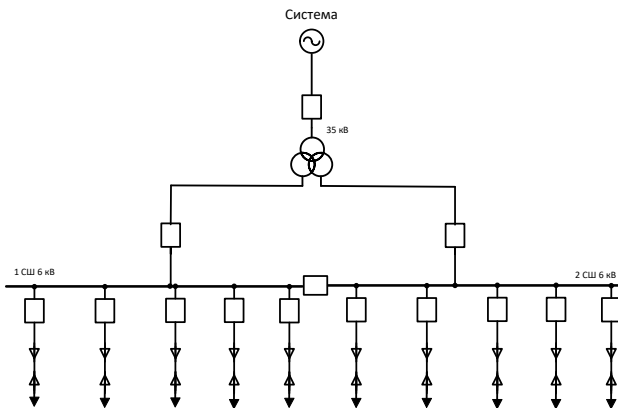


Рисунок 1. Исследуемая система электроснабжения 6 кВ

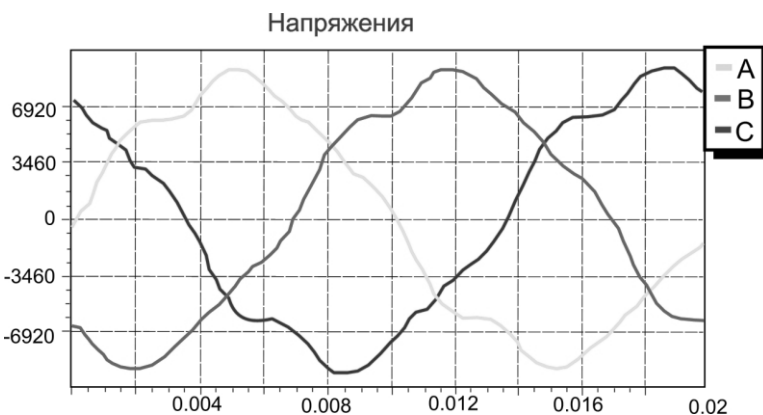
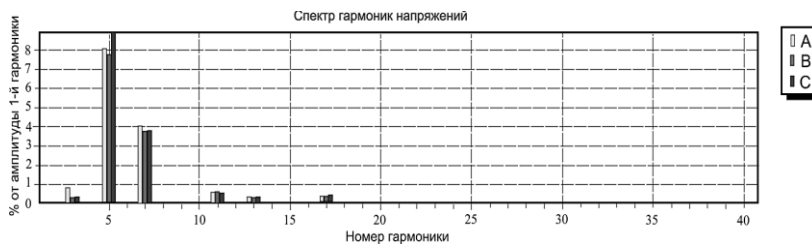


Рисунок 2. Осциллограммы напряжений в исследуемой сети 6 кВ



**Рисунок 3. Спектральный состав напряжений
в исследуемой сети 6 кВ**

По фактически измеренным значениям высших гармоник (рис. 3) на основании уравнений (1-4) была произведена оценка потерь в кабеле и трансформаторе при условии изменения коэффициента загрузки в соответствии с суточным графиком нагрузки. При этом коэффициента загрузки изменялся от 40 до 80%.

Таблица 1.

Относительная погрешность расчета потерь без учета фактического нагрева

Коэффициент Загрузки, о. е.	Погрешность определения потерь мощности при неучете фактического нагрева, ΔP , %
0,4	8,4
0,5	10,8
0,6	13,7
0,7	17,3
0,8	21,6

Для оценки степени влияния коэффициента гармонических составляющих на увеличение дополнительных потерь мощности была построена зависимость (рис. 4), отражающая изменение относительных потерь при росте доли высших гармоник.

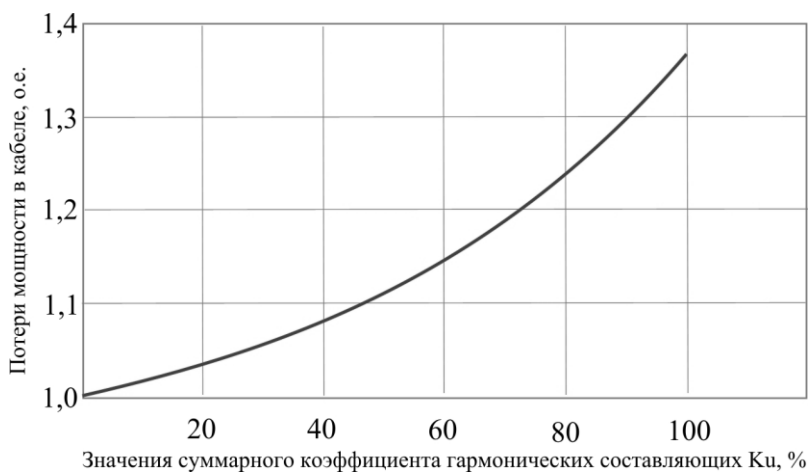


Рисунок 4. Рост относительных потерь в кабеле при увеличении коэффициента гармонических составляющих

Для анализа потерь мощности и энергии при нестационарных режимах систем электроснабжения вместо преобразования Фурье (БПФ) целесообразно использовать современный математический аппарат вейвлет преобразования. Вейвлет преобразование [9] несёт информацию не только об амплитуде и частоте, но и о длительности (времени) присутствия той или иной гармоники в сигнале.

Выводы

Учет фактического нагрева токоведущих частей от высших гармоник позволит уточнить расчет потерь мощности и энергии в токоведущих частях, что в конечном итоге окажет влияние на технико-экономическое обоснование внедрения мероприятий по фильтрации высших гармоник. Учет нагрева дает возможность уточнить расчетное снижение потерь до 40 %.

Список литературы:

1. ГОСТ 32144–2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Введ. с 01.07.2014. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 16 с.
2. IEC 61000-4-7:2002 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-7: Testing and measurement techniques - General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto.
3. 519-2014 - IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems. DOI: 10.1109/IEEESTD.2014.6826459.
4. Гапиров Р.А., Осипов Д.С Расчет потерь мощности в элементах системы электроснабжения с учетом высших гармоник и зависимости сопротивлений токоведущих частей от температуры // Промышленная энергетика, 2015. № 1. С. 16-21.
5. K.D. Patil, W.Z. Gandhare, “Effects of harmonics in distribution systems on temperature rise and life of XLPE power cables”. Power and Energy Systems (ICPS), 2011 International Conference, Chennai, India, pp. 1-6, 23 February 2012 DOI: 10.1109/ICPES.2011.6156680.
6. C.R. Pacheco, J.C. De Oliveira and O.C.N. Souto, “Insulated cable thermal and life expectancy estimation under non-sinusoidal operating conditions,” Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, 2000. Proceedings. DRPT 2000. International Conference on, 4-7 April 2000, London, UK. pp. 672-677. DOI: 10.1109/DRPT.2000.855746.
7. J. Desmet, D. Putman, F. D’Hulster, and R. Belmans, “Thermal analysis of the influence of nonlinear, unbalanced and asymmetrical loads on current conducting capacity of lv-cables”, in IEEE Power Tech Conference, Bologna, Italy, Jun. 23-26, 2003. DOI: 10.1109/PTC.2003.1304798.

8. Осипов Д.С. Учет нагрева токоведущих частей в расчетах потерь мощности и электроэнергии при несинусоидальных режимах систем электроснабжения: дис.... канд. техн. наук. Омский гос. тех. университет, Омск, 2005.
9. Файфер Л.А., Осипов Д.С., Ерёмин Е.Н., Долгих Н.Н. Применение пакетного вейвлет-преобразования для определения составляющих мощности при несинусоидальных режимах // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2016. № 8 (115). С. 136-145.
10. Осипов Д.С., Коваленко Д.В., Горюнов В.Н., Долгих Н.Н. Расчет дополнительных потерь мощности при несинусоидальных режимах систем электроснабжения с учетом температурной зависимости сопротивления токоведущих частей // I региональная научно-техническая конференция «Ученые Омска – региону», 2016. С. 44-48.

**ПОЛИТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ
ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК.
ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ
АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ**

Милютин Алексей Юрьевич

*магистрант, Омский государственный университет,
РФ, г. Омск*

Готфрид Павел Андреевич

*бакалавр, Омский государственный университет,
РФ, г. Омск*

**POLITICAL ASPECTS OF THE APPLICATION OF WIND
POWER PLANTS. PROBLEMS OF INTRODUCTION AND
DISTRIBUTION OF ALTERNATIVE ENERGY IN RUSSIA**

Aleksey Milyutin

*master student, Omsk State University,
Russia, Omsk*

Pavel Gotfried

*bachelor, Omsk State University,
Russia, Omsk*

Аннотация. В данной работе рассмотрены политические аспекты развития и внедрения ветроэнергетических установок (ВЭУ). Проанализированы данные о выработке энергии ветра разными странами. Раскрывается перспективность направления ветроэнергетики. Разобрана политика каждой страны в области развития альтернативной энергетики. Поднят вопрос о современном состоянии развития альтернативной энергии и основные проблемы развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России. Приведены пути решения проблем разработок ВИЭ.

Abstract. In this paper, the political aspects of development and implementation of wind power plants (WED) are considered. Data on the development of wind energy by different countries are analyzed. Prospects of the direction of wind power engineering are revealed. The policy of each country in the field of development of alternative energy is disassembled. The issue of the current state of development of alternative energy and the main problems of the development of renewable energy sources (RES) in Russia have been raised. The ways of solving the problems of RES development are given.

Ключевые слова: ветроэнергетика; энергоснабжение; политика; альтернативная энергия; развитие; проблема; разработка; источники.

Keywords: wind energy; energy supply; politics; alternative energy; development; problem; development; sources.

Всё чаще и чаще приходится слышать об истощаемости природных ресурсов, что осталось их на пятьдесят лет использования. Поэтому всё актуальнее становится тема нетрадиционных источников энергии. К ним можно отнести солнце, ветер, океанические приливы, тепло земных глубин. Одним из наиболее перспективных источников альтернативной энергии является ветер. Запасы ветра более чем в сто раз превышают запасы гидроэнергии. При этом ветра дуют постоянно: летом и зимой, днём и ночью. В настоящее время ветроэнергетика стала важной составляющей энергетических систем во многих странах мира. Очень важно занять лидирующие позиции на мировой арене по разработке и внедрению ветроэнергетики. Это позволит не только уйти от энергозависимости от стран экспортеров природных ресурсов, но и навязать свою политику в области энергетики.

Проанализировав данные, приведенные Международным энергетическим агентством (МЭА), позволяет сделать вывод о том, что интенсивное внедрение технологий в области ветроэнергетики в Европе и США в последние десятилетия объясняется не только

геополитическими факторами (уход от энергозависимости или достижение технологического превосходства в условиях образования нового технологического уклада), но и экономической ситуацией в стране. Вложения в новые технологии набирают популярность, как для частных, так и институциональных инвесторов [9].

В мире возникло три центра производства и потребления ветроэнергетики: Европа, Азия и Северная Америка. Пять ведущих держав в направлении ветроэнергетики (Китай, США, Германия, Испания и Индия) уже не первый год продвигают данную отрасль на мировой арене, и последние два десятка лет на эти державы распределяется большая часть выработки всей мировой ветроэнергетики. На 2012 год общая мощность ВЭУ данных держав составила 207 ГВт, это 73 % от ветроэнергетических мощностей всего мира. Если рассмотреть данные на май 2013 года, у мирового лидера - Китая - размер используемой мощности ВЭУ равен 80,824 ГВт. На 2-м месте были США (более 60,5 ГВт), на 3-м - Германия (32,422 ГВт). В качестве сравнения: в России общая мощность ВЭУ составляет менее 20 МВт, т. е. больше чем в тысячу раз уступает мировым лидерам. Во всех странах правительства оказывают поддержку развитию альтернативной энергетике, благодаря чему доля ветроэнергетики, например, в Дании составляет свыше 30 %, в Испании - 10 %, Германии - 8 %. Более половины всех мировых ветроэнергетических мощностей в настоящее время сосредоточено в Европе.

По данным Мировой ассоциации ветроэнергетики, в 2013 г. общая мощность ВЭУ достигла 318 ГВт, причем рост составил 19,2 % по сравнению с 2012 г. (более 282 ГВт) и вдвое по сравнению с 2009 г. (около 152 ГВт). Ветроэнергетика на протяжении последних лет показывает стабильный рост и остается крупнейшим сегментом рынка альтернативной энергетике. Однако процесс развития новых технологий в этой области во многих странах, в том числе и в России, наталкивается на многочисленные барьеры стоимостного и нестоимостного характера, которые сдерживают их широкое распространение.

По данным Евростата [1] и Единой межведомственной информационно-статистической системы [3], стоимость электроэнергии в России примерно в два раза ниже, чем в Греции, Литве, Латвии и Польше, в четыре раза ниже, чем в Германии, и почти в пять раз ниже, чем в Дании (рис. 1).

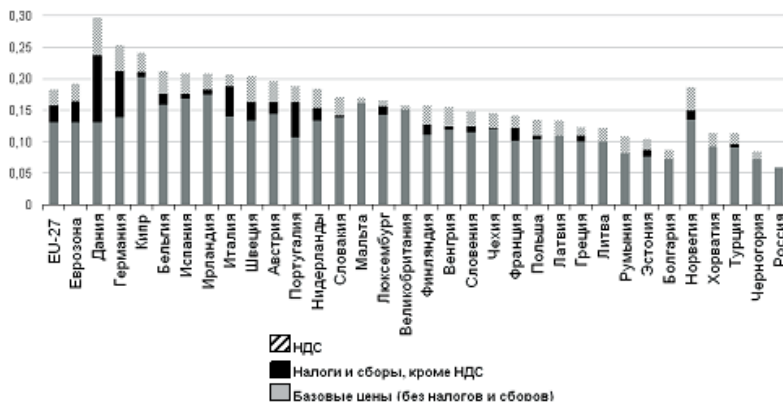


Рисунок 1. Цены на электроэнергию для домохозяйств в странах Европы и России во второй половине 2011 г.

При этом более половины стоимости электроэнергии в Дании составляют различного рода налоги и сборы, с помощью которых правительство стимулирует развитие энергосберегающих технологий, поощряя население более бережно относиться к расходованию энергии. Похожая ситуация наблюдается и в Германии, которая в настоящее время является одним из мировых лидеров в области энергоэффективности [8].

Поэтому в экономической системе возникают такие проблемы: низкие тарифы на энергию не стимулируют внедрение новых энергоэффективных технологий, модернизацию и конкуренцию на основе инноваций, за счет чего общий технологический уровень промышленности остается на низком уровне. А повышение тарифов до экономически оправданного уровня и повышение доли налогов и сборов в структуре цены на электроэнергию чреваты полной утратой конкурентоспособности продукции значительной доли энергоемких производств и потерей ими и без того незначительной доли мирового рынка. Поэтому государство вынуждено балансировать между субсидированием сложившейся системы энергоснабжения, которое ведет к консервации технологической отсталости, и ее постепенным реформированием.

Многие страны поддерживают производителей альтернативной энергии. В Германии действует система бонусных тарифов для производителей ветровой и солнечной энергии, в США правительство дотирует покупку населением максимально энергоэффективных автомобилей и бытовой техники, в Индии инвестиции в новые технологии поощряются путем ускоренной амортизации объектов возобновляемой

энергетики. [7, 10]. Следует отметить, что 88 млрд долл., которые были потрачены в 2011 г. во всем мире на поддержку возобновляемой энергетики, чаще всего направлялись непосредственно производителям. Средства практически в равных долях были разделены между солнечной и ветровой энергетикой, биотопливом и производством электроэнергии из биомассы.

К примеру, рассмотрим энергетическую политику Европейского союза [11] предусматривающую следующие нормы:

- установить для региональных энергетических компаний раз в год квоты на генерацию электрической энергии от возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в размере 2-15 % от всех продаж электроэнергии;

- отмена дополнительной документации и разрешений для частного лица при приобретении, установки и подключении к энергосистеме электрического генератора, который работает с использованием ВИЭ;

- собственникам электрического генератора, работающего от ВИЭ, при приобретении и монтаже предоставляется грант в размере 5 Евро/Вт, но не больше 40—75 % от стоимости самого генератора;

- величина пособий и тарифов вычитывается таким образом, что собственнику возвращаются все затраты по приобретению и обслуживанию электрического генератора, использующего ВИЭ, и в течение двадцати лет гарантируется 200-300 % прибыли от процента банка по вкладу в размере затраченных средств;

- финансы для мотивирования развития направления ВИЭ расходуются из специализированного фонда, который находится в ведомстве государства [2].

Проанализировав спектр национальных программ США можно сделать вывод, что прогресс в альтернативной энергетике является не только реакцией на возросшие эколого-климатические проблемы мира, но и способом мотивирования научно-инновационной деятельности. Данное направление также способствует решению проблемы трудовой занятости населения и общего состояния экономики. Очень важно понимать, что завоевание технологического лидерства с помощью распространение опыта в данной сфере поднимает авторитет державы.

Ни для кого не является секретом, что современное общество является активным потребителем углеводородного сырья и органического топлива, которые имеют ограниченные запасы. Ограниченность ресурсов, а также проблема загрязнения окружающей среды подталкивают человечество к поиску альтернативных источников энергии. Среди возможных вариантов источников особое внимание уделяется ВИЭ, которые, по человеческим масштабам, являются неисчерпаемыми.

Использование источников такой энергии (солнечная энергия, энергия приливов и отливов, рек, ветряная энергия, геотермальная энергия и др.) позволит стране не только устойчиво развиваться, но и обеспечить себя энергетической безопасностью.

К сожалению, на сегодняшний день использование ВИЭ, которые так же называют «зеленой» энергетикой, является только перспективным направлением, не имеющим широкого распространения. Несмотря на это, показатель Евросоюза альтернативной энергетики в общем энергетическом балансе на сегодня 7 %. В России доля альтернативной энергетики не превышает 2 %. По мнению С.С. Пикина, главы Фонда энергетического развития, к 2020 году эти показатели увеличатся до 20 и 4,5 % соответственно. Куда более оптимистичными являются прогнозы специалистов Гринпис: к 2030 году возобновляемые источники энергии будут удовлетворять 40 % мирового спроса на энергию и до 80 % к середине столетия [2].

Глядя на показатель 4,5 %, который зафиксирован в энергетической стратегии, задаешься вопросом: достаточно ли сильно поддерживает Россия разработку альтернативных источников? Для сравнения, к этому же времени Китай планирует увеличить долю ВИЭ до 15 %, Египет – до 20 %. Наши планы на фоне остальных государств смотрятся более чем скромно, и это учитывая факт, что в 2009 году Гринпис опубликовал альтернативный сценарий развития энергетики России, где «зеленая» энергетика позволила бы дать стране 13 % электроэнергии [5].

Можно сказать, что для такой страны как Россия 2 % являются не такой уж маленькой цифрой. Но это всего лишь доля. Основную часть всей произведенной энергии в стране составляют нефть, газ и уголь. В действительности, вышеприведенный показатель составляет порядка 1 %. Данные значения, а так же поправки в законодательстве РФ определяют основные задачи для развития ВИЭ в России: целевые показатели объема производства и потребления электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии установлены распоряжением Правительства РФ от 8 января 2009 г. № 1-р: в 2010 году – 1,5 процента; в 2015 году – 2,5 процента; в 2020 году – 4,5 процента [4]. Даже учитывая большие запасы природных ресурсов, России необходимо поддерживать развитие альтернативной энергии, чтобы в переломный момент смены традиционных источников на альтернативные не остаться позади стран, которые успели это сделать. Речь не идет о полном переходе страны на ВИЭ, необходимо расширить технологии. Необходимость развития логична и обоснована, но, к сожалению, развитие высоких технологий осуществляется по большей части за счет потребителя, а на данный момент мало кто

захочет платить из своего кармана за развитие. Кроме экономической проблемы со стороны жителей страны, существуют еще и проблемы низкого спроса на энергию, произведенную за счет возобновляемых источников, и отсутствие интереса к экологическим инновациям [5].

На сегодняшний день Россия имеет регионы, которые могут выступить площадкой для активного развития альтернативной энергетики: северные регионы (ветроэнергетика), южные регионы (солнечная энергия), регионы с гидропотенциалом. В данных регионах развитие ВИЭ экономически и экологически целесообразно. Кроме этого, в регионах с низкой плотностью населения, а так же с дефицитом мощностей энергии развитие социально необходимо.

Разработка альтернативных видов энергии позволяет решить сразу несколько проблем: начиная от создания рабочих мест и загрязнения окружающей среды, заканчивая устойчивым развитием страны в целом. Углубляясь в экологическую безопасность, следует отметить, что ВИЭ оказывают меньшее воздействие на окружающую среду по сравнению с традиционными видами производства энергии, применяемыми в стране (рис. 2).

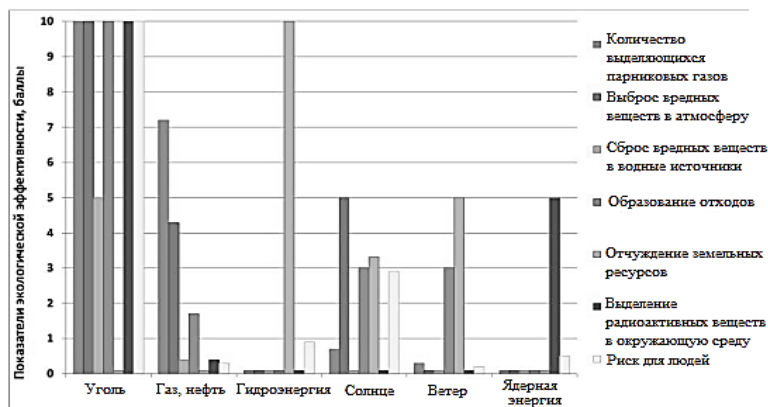


Рисунок 2. Сравнительные показатели экологической эффективности различных способов производства энергии

Рассматривая вышесказанное, можно выделить основные проблемы развития ВИЭ в России:

- недостаток финансирования и инвесторов;
- высокая себестоимость энергии;
- отсутствие массовых производителей технологий для ВИЭ;
- отсутствие квалифицированных кадров.

Несмотря на перспективность использования альтернативной энергии, у данного способа есть существенный недостаток: малая плотность потока и нерегулярность [12]. Проблему бесперебойности энергоснабжения можно решить инженерным способом: гибридные станции, позволяющие использовать сразу два вида энергии.

Рассмотрев все проблемы развития ВИЭ в России, можно сделать выводы об эффективности разработки данного направления [4]. Однако, для достижения желаемых результатов, следует изменить стратегию развития данного направления.

1. Развитие сектора должно быть более интенсивным. ВИЭ позволят снизить государственные расходы на поддержку электроэнергетического сектора и в социальной сфере позволят организовать дополнительное количество рабочих мест. Самое главное – развитие ВИЭ позволит снизить риски энергетического сектора, связанные с переходом мировых рынков и увеличением доли альтернативной энергии в энергетических балансах страны.

2. Развитие ВИЭ должно происходить комплексно. Данная система реализации развития должна быть согласована и направлена на стимулирование отрасли, все меры должны быть согласованы между собой.

3. Необходимо внедрить дополнительные меры, которые будут направлены на развитие ВИЭ и технологическое оснащение (в мировой практике применяются инвестиционные субсидии, налоговые скидки, субсидирование). За счет применения данных мер решается проблема привлекательности для инвесторов.

4. Учитывая отсутствие технологической базы в России, необходимо стимулировать научно-техническую сферу: международное сотрудничество и обмен, подготовка специалистов [6].

Список литературы:

1. Energy price statistics [Электронный ресурс] // Eurostat. URL: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Energy_price_statistics (Дата обращения: 05.10.2017).
2. Безруких П.П. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / П.П. Безруких, Г.А. Борисов, В.И. Виссарионов и др. // СПб.: Наука. - 2002. - 314 С.
3. Единая межведомственная информационно-статистическая система [Электронный ресурс] – URL: <http://www.fedstat.ru> (Дата обращения 06.10.2017).

4. Ермолина Л.В. Место и роль оценки стратегической эффективности в процессе управления предприятием / Л.В. Ермолина // Вестник Самарского государственного университета. - 2013. - № 7 (108). – С. 704
5. Ермолина Л.В. Управление инновационным развитием предприятия / Л.В. Ермолина. // Экономика, управление и право в современных условиях: междунар. сб. стат. Самара: Изд-во «Самарский государственный университет». - 2012. - С. 86-92.
6. Попель О.С. Возобновляемые источники энергии: роль и место в современной и перспективной энергетике / О.С. Попель // Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева). – 2008. – № 6. – С. 95-106.
7. Ратнер С.В. Налоговое стимулирование альтернативной энергетики в Европе / С.В. Ратнер, Д.В. Дира // Финансы и кредит. - 2012. - №8. - С. 21-27.
8. Ратнер С.В. Стимулирование развития высокотехнологичных отраслей экономики (на примере машиностроения в Германии) / С.В. Ратнер, В.В. Иосифов // Вестник Уральского федерального университета. Серия «Экономика и управление». - 2012. - № 4. - С. 46-58.
9. Ратнер С.В. Трансформация структуры мирового энергетического рынка / С.В. Ратнер, О.Ю. Нарижная // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. - 2012. - № 11. - С. 57-64.
10. Ратнер С.В. Формирование рынка возобновляемой энергии в Индии: механизмы и инструменты международной и государственной поддержки / С.В. Ратнер, О.Ю. Нарижная // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. - 2013. - № 10. - С. 47-53.
11. Родионова И.А. Особенности энергетической политики некоторых государств в области развития альтернативной энергетики / И.А. Родионова, О.В. Шувалова, И.С. Бесчастная // Вестник РУНД. Серия «Экономика». - 2013. - № 3. - С.28-37.
12. Шкрадюк И.Э. Тенденции развития возобновляемых источников энергии в России и мире. / И.Э. Шкрадюк // М.: WWF России. - 2010. - 88 С.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Сёмина Ирина Александровна

*канд. техн. наук, доц. кафедры «Электрическая техника»
Омского государственного технического университета,
РФ, г. Омск*

Сержанский Виктор Павлович

*студент Омского государственного технического университета,
РФ, г. Омск*

Басмановский Максим Андреевич

*студент Омского государственного технического университета,
РФ, г. Омск*

INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC FIELDS ON THE ENVIRONMENT AND HUMAN BODY

Irina Semina

*candidate of Technical Sciences, associate Professor
in the Department of electrical engineering,
Omsk state technical University,
Russia, Omsk*

Viktor Serzhansky

*student, Omsk state technical University,
Russia, Omsk*

Maxim Basmanovsky

*student, Omsk state technical University,
Russia, Omsk*

Аннотация. На протяжении большого количества времени остаётся актуальным вопрос о том, как воздействует электромагнитное поле на человека и каким образом оно влияет на его здоровье? Именно разбору этих вопросов посвящена данная статья. Также в этой работе будут представлены методы борьбы влиянием электромагнитных полей на человека.

Abstract. Throughout a large number of time there is relevant a question of how the electromagnetic field influences the person and how it influences his health? This article is devoted to analysis of these questions. Also in this work fight methods will be presented by influence of electromagnetic fields on the person.

Ключевые слова: электромагнитное поле; излучение; экранирование; окружающая среда; человек.

Keywords: electromagnetic field; radiation; shielding; environment; people.

Для начала дадим определение электромагнитному полю – это некоторый вид материи, из-за которой между электрически заряженными частицами возникает взаимодействие, вследствие чего образуется электрическое поле, созданное зарядами этих частиц. В дальнейшем эти поля изменяются и возбуждают друг друга, так и происходит стабилизация электромагнитного поля. Следствием создания электромагнитного поля становятся линии электропередач, распределительные подстанции, проводка в жилых помещениях, бытовые приборы и многое другое.

На организм человека действие электромагнитных полей проявляется в основном в расстройстве нервной системы, ощущает человек это в виде головных болей, повышенной утомляемости и т. д. Также возможны влияния на иммунную систему, эндокринную систему, нейрогуморальную реакцию, а также репродуктивную (половую) систему. Они также могут провоцировать бессонницу, воздействовать на мышечную ткань, давать сбои в работе желудочно-кишечного тракта, менять частоту пульса и артериальное давление.

Наиболее сильно подвержены воздействию электромагнитных полей люди, у которых установлены кардиостимуляторы, либо различные электронные средства, которые поддерживают жизнь человека, также люди с заболеваниями центральной нервной, гормональной, сердечно-сосудистой системами, и те, у кого ослаблен иммунитет. Особую опасность электромагнитные поля представляют для детей и эмбриона.

На сегодняшний день наиболее существенные изменения в естественное электромагнитное поле вносит человек, давая более изменённые направления геофизическим факторам, тем самым увеличивая интенсивность своего воздействия. Самыми серьёзными источниками такого воздействия являются – электромагнитные поля линий электропередач, трансформаторных подстанций, также радиолокационных и радиотелевизионных станций.

Для начала рассмотрим влияние электромагнитных полей ЛЭП, которые являются серьёзными факторами воздействия на состояние биологических объектов окружающей среды. Так, к примеру, в зоне с очень высоким действием электрического поля, вблизи которого находятся высоковольтные опоры линий электропередач, у многих насекомых заметно изменяется реакция и их поведение. Существует комплекс биологических факторов связанных с воздействием на окружающую среду, которые имеют специальные особенности эксплуатации ЛЭП [3], такие как:

- коронный разряд;
- токи утечки; переменный электромагнитный потенциал на проводе;
- полосы отчуждения; ионизирующие излучения;
- токи заземления в почве.

ЛЭП и другие энергетические установки создают электромагнитные поля промышленных частот, которые достаточно сильно превышают средний уровень естественных полей. Самая большая напряжённость поля выявлена в местах наибольшего провисания провода: для ЛЭП-330 кВ – 3,5-5,0 кВ/м, для ЛЭП – 500 кВ – 7,6-8 кВ/м, для ЛЭП-750 кВ – 10,0-15,0 кВ/м. Например, на расстоянии 50 метров от линии электропередачи, напряжённость может иметь показатель – 2,6 кВ/м, на расстоянии 100 метров – 0,21 кВ/м. При напряжённости поля даже в 1000 В/м, создаваемой линией электропередач, электромагнитное поле будет отрицательно воздействовать на живой организм.

Для безопасного проживания людей было создано санитарно-гигиеническое нормирование электромагнитных полей, которое установлено законодательно и введено в использование благодаря многолетним исследованиям. Прежде всего, главным принципом защиты человека от электромагнитного поля ЛЭП, является соблюдение и определение границ санитарно-защитных зон. Также по санитарно-гигиеническому нормированию, должны проводиться мероприятия по снижению напряжённости электрического поля в жилых помещениях и в местах довольно продолжительного пребывания людей, например, таких как применение защитных экранов [1]. В санитарно-гигиенической зоне категорически запрещается: строить дачные участки, общественные или жилые помещения, размещать площадки для стоянки и остановки для различного транспортного средства. Это наиболее простые и весьма выполнимые меры безопасности для защиты от электромагнитного излучения.

Экранирование электромагнитных полей это инженерно-техническое защитное мероприятие, которое используется в основном

в местах пребывания людей или на мероприятиях, ограничивающих эмиссионные параметры источника поля. В основном излучения проникают в помещение через двери или оконные проёмы, в которых находятся люди.

Для экранирования различных видов окон, потолочных ламп и много другого используется металлизированное стекло, в свою очередь обладающее экранирующими свойствами. Это свойство придаётся стеклу из-за тонкой прозрачной плёнки на нём либо окислов металлов. Плёнка обладает вполне оптимальной химической стойкостью и оптической прозрачностью. Плёнка, нанесённая лишь на одну сторону поверхности стекла, ослабляет интенсивность излучения в пределах 0,8-150 см на 30 дБ. А если плёнка нанесена на обе поверхности стекла, ослабление достигает 40 дБ.

Также в строительных конструкциях может применяться металлическая сетка, металлический лист и другие покрытия, в том числе и строительные материалы. Ещё возможно применение различной плёнки и ткани с металлизированным покрытием. В последнее время наиболее распространёнными стали металлизированные ткани на основе синтетических волокон, получаемых химической металлизацией тканей с различной структурой и плотностью. Таким образом, текстильные экранирующие материалы приобрели наибольшую популярность среди других материалов, так как они обладают малой лёгкостью, толщиной и гибкостью. Ещё есть возможность их дублировать с другими материалами, и совмещать с латексами и смолами.

Теперь рассмотрим воздействие электромагнитного поля промышленной частоты в производственных помещениях на организм человека. Эффект взаимодействия человеческих тканей с электромагнитным полем зависит от поглощённой тканями энергии поля, т. е. дозы облучения, за определённый промежуток времени. В основе взаимодействия тканей с электромагнитным полем лежит эффект преобразования энергии поля в тепло, внутри организма. Наиболее опасно электромагнитное излучение для тканей с недостаточным кровообращением, таких как: мозг, желудок, глаза и почки. При воздействии электромагнитных полей промышленных частот, которые превышают допустимые уровни, у рабочих будут происходить нарушения функций иммунной системы, дыхательной и сердечно-сосудистой систем, пищеварительного тракта и изменения в крови.

В соответствии с ГОСТ 12.1.006–84, в диапазоне частот 60 кГц – 300 МГц, нормируемым параметром электромагнитного поля, является напряжённость E . Согласно этому, на рабочих местах и в местах нахождения рабочих, профессионально связанных с воздействием

электромагнитного поля, максимально допустимая напряженность этого поля в течение всего рабочего дня, не должна превышать нормативных значений. Эффект воздействия электромагнитного излучения на человека в основном принято обозначать количеством электромагнитной энергии, поглощаемой этим человеком в момент нахождения его в поле:

$$W_{\text{полг}} = \sigma * S_{\text{эф}},$$

где: σ – плотность потока мощности излучения электромагнитной энергии, Вт/м²;

$S_{\text{эф}}$ – эффективная поглощающая поверхность тела человека, м².

Приведём максимально допустимые плотности потока энергии электромагнитных полей с диапазоном частот 300 МГц – 300000 ГГц [2] в таблице 1.

Таблица 1.

Нормы облучения УВЧ и СВЧ

Плотность потока мощности энергии а, Вт/м ²	Допустимое время пребывания в зоне воздействия ЭМП	Примечание
До 0,1	Рабочий день	В остальное рабочее время плотность потока энергии не должна превышать 0,1 Вт/м ² . При условии пользования защитными очками. В остальное рабочее время плотность потока энергий не должна превышать 0,1 Вт/м ² .
0,1-1	Не более 2 ч	
1-10	Не более 10 мин	

Если напряженность электромагнитного поля на рабочем месте возрастает более 25 кВ/м или если требуется большая продолжительность пребывания человека в поле, то в этом случае работы должны производиться с применением средств защиты — экранирующих устройств или костюмов.

Максимально допустимое значение тока, которое проходит через человека и обусловленное воздействием электрического поля электроустановок сверхвысокого напряжения, составляет примерно 50-60 мкА. Если электрический разряд, возникший в момент прикосновения человека к какой-либо металлической конструкции, которая имеет отличающийся, чем у человека, потенциал, установившийся ток не превышает 50-60 мкА, то человек не должен испытывает болевых

ощущений. Именно поэтому это значение тока принято в качестве нормативного.

Для защиты рабочих от воздействия электромагнитных полей промышленной частоты, необходимо осуществлять следующие методы:

1. Применять средства индивидуальной защиты;
2. Производить выбор наиболее рациональных режимов работы оборудования;
3. Необходимо уменьшить время пребывания рабочих в зоне воздействия электромагнитного излучения;
4. Применять источники электромагнитного излучения как можно с меньшей необходимой для работы мощностью.

Влияние трансформаторных подстанций на окружающую среду. Трансформаторные подстанции расположены практически повсеместно, так как они являются самым главным элементом в системе передачи электроэнергии. Поэтому они тоже оказывают некоторое влияние на экосистему. При помощи закона Джоуля Ленца (физический закон, который выдаёт количественную оценку теплового действия) доказали следующее, трансформаторные подстанции за счёт своего принципа работы производят нагрев и выделение тепла и электромагнитного излучения. Таким образом, они играют большую роль как фактор, который оказывает влияние на образ жизни и распространение животных и растений.

В данной статье было уделено внимание влиянию электромагнитных полей на окружающую среду и организм человека. А подробнее в статье рассмотрено, что такое электромагнитное поле и каким образом оно влияет на наше здоровье, описаны основные методы борьбы с воздействием ЭМП. Также подробно рассмотрели влияние электромагнитных полей линий электропередач, трансформаторных подстанций и влияние ЭМП в производственных помещениях.

Исходя из этих исследований, можно сделать вывод, что электромагнитное поле оказывает довольно серьёзное влияние как на организм человека, так и на окружающую нас среду. Не следует пренебрегать влиянием ЭМП, необходимо использовать все возможные методы устранения и защиты от воздействия электромагнитного поля. В природе объекты энергоснабжения большей частью наносят вред и требуют от человека доработки технологий и цепей передачи электроэнергии, начиная от производителя, заканчивая конечной инстанцией потребителя.

Список литературы:

1. Источники электромагнитного излучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ourbaby.ru/article/kovarnye-volny-opasno-li-jelektromagnitnoe-izluchenie/> (Дата обращения: 29.11.2017).
2. Нормирование электромагнитных полей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/4012691/page:3/> (Дата обращения: 01.12.2017).
3. Санитарная зона ЛЭП. Влияние электромагнитных полей на человека. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vpmk.pro/sanitarnaya-zona-ler-vliyanie-elektromagnitnyih-poley-na-cheloveka/> (Дата обращения: 28.11.2017).

РАЗДЕЛ 2. МАТЕМАТИКА

2.1. ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА

ПРИМЕНЕНИЕ Q-КРИТЕРИЯ РОЗЕНБАУМА ДЛЯ СРАВНЕНИЯ РЕЙТИНГОВЫХ БАЛЛОВ

Ушакова Ирина Андреевна

*магистрант,
ФГБОУ ВО «Приамурский государственный университет
имени Шолом-Алейхема»,
РФ, г. Биробиджан*

APPLICATION Q-CRITERION ROSENBAUM FOR COMPARISON RATING POINTS

Irina Ushakova

*undergraduate
Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Sholom-Aleichem Priamursky State University»,
Russia, Birobidzhan*

Аннотация. В статье представлено применение непараметрического критерия Q-Розенбаума для сравнения результатов обучения (рейтинговых баллов) студентов 1 курса технических направлений подготовки по дисциплине «Математический анализ».

Abstract. The article presents the application of the non-parametric Q-Rosenbaum criterion for comparing the results (rating points) of the first-year students' training in the technical areas of training in the discipline "Mathematical Analysis".

Ключевые слова: рабочая тетрадь; презентации с динамической компьютерной визуализацией; критерий Q-Розенбаум.

Keywords: workbook; presentation computer with dynamic visualization; criterion Q-Rosenbaum.

Математическая статистика играет важную роль при статистическом исследовании вероятностных явлений. В ней в полной мере находят применение такие методы как теория статистической проверки вероятностных гипотез, теория статистической оценки распределений испытаний.

Статистическое описание совокупности объектов занимает промежуточное положение между индивидуальным описанием каждого из объектов совокупности, с одной стороны, и описанием совокупности по её общим свойствам, совсем не требующим её расчленения на отдельные объекты – с другой. По сравнению с первым способом статистические данные всегда в большей или меньшей степени обезличены и имеют лишь ограниченную ценность в случаях, когда существенны именно индивидуальные данные (например, учитель, знакомясь с классом, получит лишь весьма предварительную ориентировку о положении дела из одной статистики числа выставленных его предшественником отличных, хороших, удовлетворительных и неудовлетворительных оценок). С другой стороны, по сравнению с данными о наблюдаемых извне суммарных свойствах совокупности статистические данные позволяют глубже проникнуть в суть дела. Например, данные гранулометрического анализа породы (то есть данные о распределении образующих породу частиц по размерам) дают ценную дополнительную информацию по сравнению с испытанием нерасчленённых образцов породы, позволяя в некоторой мере объяснить свойства породы, условия её образования и прочее.

Следовательно, методы математической статистики позволяют оценить параметры имеющихся закономерностей, проверить те или иные гипотезы об этих закономерностях.

В федеральных образовательных стандартах третьего поколения высшей школы указано на возможность применять электронное обучение и дистанционные образовательные технологии. Для реализации данного положения разработаны рабочая тетрадь и курс презентаций, в котором используются ролики с компьютерной визуализацией по математическому анализу для студентов I курса технических направлений подготовки. Рабочая тетрадь позволяет студентам меньше времени тратить на написание лекций, так как основные теоретические положения в ней представлены, остаётся только вписывать расчёты и формулы. Презентации разработаны для всех разделов курса математического анализа с использованием роликов, которые позволяют наглядно демонстрировать студентам теоретический материал: что происходит с данной функцией на конкретном промежутке, при её растяжении и сжатии, или как изменяется предел функции при изменении значений переменной.

В исследовании приняли участие студенты 1 курса двух академических групп технического направления подготовки. В одной из групп изложение материала происходило традиционным способом, в другой – с применением динамической компьютерной визуализации. После изучения курса математического анализа в осеннем семестре сравнили результаты обучения (в рейтинговых баллах) студентов каждой группы, используя непараметрический Q-критерий Розенбаума для несвязных выборок. Критерий используется для оценки различий между двумя выборками по уровню какого-либо признака, количественно измеренного. В каждой из выборок должно быть не менее 11 испытуемых. Данный критерий основан на сравнении двух упорядоченных, но не обязательно равных по численности рядов наблюдений [1, с. 14].

Баллы студентов, изучающих математический анализ традиционным способом: 0; 0; 0; 1; 1; 4; 5; 5; 6,5; 8; 11; 15; 22,5; 25; 38; 39; 40.

Баллы студентов, изучающих математический анализ с применением динамической компьютерной визуализации: 2; 3; 5; 7; 10; 18,5; 32,5; 38; 46,5; 48,5; 54,5; 55,5; 62; 66.

Нулевая гипотеза является проверяемым предположением, которое обычно формулируется как отсутствие различий, отсутствие влияния фактора, отсутствие эффекта. Противоположное предположение является конкурирующей или альтернативной гипотезой, которая выдвигается для опровержения нулевой гипотезы.

Гипотезы:

H_0 – баллы студентов, изучающих математический анализ с применением динамической компьютерной визуализации, не превышают баллы студентов, изучающих математический анализ традиционным способом.

H_1 – баллы студентов, изучающих математический анализ с применением динамической компьютерной визуализации, превышают баллы студентов, изучающих математический анализ традиционным способом.

Решение.

Считаем выборкой один ту, в которой баллы выше, а выборкой два – ту, в которой баллы ниже. Следовательно, выборка один – это выборка студентов, изучающих математический анализ с применением динамической компьютерной визуализации, а выборка два – это выборка студентов, изучающих математический анализ традиционным способом.

Согласно Q-критерию Розенбаума находим максимальное значение выборки два и подсчитываем количество значений в выборке один, которые выше этого значения, обозначаем полученную величину буквой T .

$$Max_2 = 40, T = 6$$

Определяем минимальное значение выборки один и подсчитываем количество значений в выборке два, которые ниже этого значения, обозначаем полученную величину буквой S .

$$Min_1 = 2, S = 5$$

Находим эмпирическое значение по формуле $Q_{эмт} = T + S$.

Вычисляем критические значения по таблице, используя объем выборок $n_1 = 14, n_2 = 17$,

$$Q_{кр} = \begin{cases} 7, & P \leq 0,05 \\ 9, & P \leq 0,01 \end{cases}$$

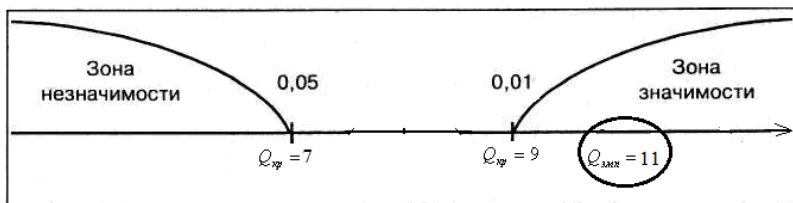


Рисунок 1. Ось значимости

Итак, эмпирическое значение попало в зону значимости, следовательно, принимается альтернативная гипотеза на уровне значимости 0,01. Значит, баллы студентов, изучающих математический анализ с применением динамической компьютерной визуализации, превышают баллы студентов, изучающих математический анализ традиционным способом.

Список литературы:

1. Ермолаев-Томин О.Ю. Математические методы в психологии: учебник для бакалавров / Ермолаев-Томин Олег Юрьевич. – М.: Юрайт, 2014. – 511 с.
2. Рогова Н.Н. Автоматизированная обработка данных педагогических исследований с использованием статистического Q-критерия Розенбаума // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. VIII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 8. URL: <http://sibac.info/archive/technic/8.pdf> (Дата обращения: 12.12.2017).

РАЗДЕЛ 3. ФИЗИКА

3.1. ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА

ЧЕТЫРЕХВОЛНОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В НЕЛИНЕЙНОЙ СРЕДЕ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ПРЕЛОМЛЕНИЕМ

Касумова Рена Джумшуд кызы

*профессор,
Бакинский государственный университет,
Азербайджан, г. Баку,*

Сафарова Гюльнара Арастун кызы

*ст. науч. сотр.,
Бакинский государственный университет,
Азербайджан, г. Баку,*

Ахмадова Асмар Расим кызы

*докторант,
Бакинский государственный университет,
Азербайджан, г. Баку,*

Амиров Шахмардан Шахбаз оглы

*доцент, Университет Хазар,
Азербайджан, г. Баку,*

FOUR-WAVE INTERACTION IN NEGATIVE REFRACTION MEDIA

Rena Kasumova

*professor, Baku State University,
Azerbaijan, Baku*

Gulnara Safarova

*senior researcher, Baku State University,
Azerbaijan, Baku*

Asmar Ahmadova

*doctoral candidate, Baku State University,
Azerbaijan, Baku*

Shahmardan Amirov

*associate professor, Khazar University,
Azerbaijan, Baku*

Аннотация. В работе с учетом изменения фаз всех взаимодействующих волн рассмотрен параметрический четырехволновой процесс для встречных волн в кубичной среде, являющейся «левой» для сигнальной волны. Получено, что в метаматериалах определяющую роль в процессе усиления обратной сигнальной волны играет как полная длина метаматериала, так и уровень интенсивностей всех трех прямых волн. Определено оптимальное значение фазовой расстройки, выбор которого позволяет получить максимум преобразования на требуемой частоте.

Abstract. In this paper the four-wave parametrical interaction of counter propagating waves has been considered by taking into account the phase changes of all interacting waves in the cubic nonlinear medium, which possesses negative refraction index at a frequency of a signal wave. It was obtained that in metamaterials both the total length of the metamaterial and the intensities of all three direct waves play a decisive role in the process of amplification of the reverse signal wave. Optimum values of phase detuning the choice of which has allowed to obtain maximum efficiency of conversion at a desired frequency have been determined.

Ключевые слова: четырехволновое взаимодействие; метаматериал; отрицательная рефракция; приближение заданной интенсивности.

Keywords: four-wave interaction; metamaterial; negative refraction; constant-intensity approximation.

Метаматериал можно создать из композитного материала, образованного из диэлектрической матрицы, с включениями, обеспечивающими резонансные свойства материала. В работе [1] сообщается о получении композитных структур, у которых диэлектрическая

восприимчивость третьего порядка находится в интервале $\chi^{(3)} \sim 10^{-9} \div 10^{-8}$ ед. СГСЭ. Для сравнения величина $\chi^{(3)}$ в кристаллах составляет величину $10^{-14} \div 10^{-12}$ ед. СГСЭ, в стеклах равна $10^{-14} \div 10^{-11}$ ед. СГСЭ, а в полимерах равна $10^{-12} \div 10^{-8}$ ед. СГСЭ.

Как известно, при вырожденном четырехволновом взаимодействии наблюдается эффект обращения волнового фронта лазерного излучения, когда среда играет роль нелинейного зеркала [2]. Аналогично ведет себя нелинейная среда в случае генерации гармоники в метаматериале, когда максимум интенсивности гармоники достигается не на выходе, а на входе в нелинейную среду волны накачки. Подобный результат объясняется встречной геометрией в метаматериале волны накачки и гармоники, когда перенос энергии волны, для которой среда является «левой», происходит в направлении противоположном ее фазовой скорости. Геометрия встречного взаимодействия нелинейных оптических волн, наблюдаемая в метаматериалах, встречается при параметрическом взаимодействии в традиционных нелинейных средах.

Четырехволновое взаимодействие в метаматериалах было рассмотрено в ряде работ, например, в [3-4]. Согласно [4] четырехволновое взаимодействие в среде с отрицательным показателем преломления было экспериментально реализовано в слоистой наноструктуре метал-диэлектрик-метал. Как показывают результаты экспериментальных разработок метаматериалов перестройка частоты сигнальной волны при этом происходит в малом интервале частот, в пределах которого обеспечивается отрицательное значение показателя преломления. Изучение в приближении заданной интенсивности четырехволнового взаимодействия было проведено нами в [5], а трехволнового параметрического взаимодействия при высокочастотной и низкочастотной накачках в [6-7]. В настоящей работе предлагаются результаты исследования встречного взаимодействия нелинейных оптических волн при четырехволновом смещении в метаматериалах.

Рассмотрение проводится для нелинейного процесса третьего порядка, связывающего четыре волны на частотах ω_j ($j=1 \div 4$), из которых две сильные волны накачки (на частотах ω_3 и ω_4). Считаем, что среда является «левой» только на частоте сигнальной волны ω_1 , т. е. среда принимает отрицательные значения диэлектрической и магнитной проницаемостей на этой частоте и положительные значения диэлектрической и магнитной проницаемостей на частотах ω_2 , ω_3 и ω_4 . Таким образом, рассматриваемые при четырехволновом

взаимодействии семь векторов волн, т. е. $k_{1,2,3,4}$ и $S_{2,3,4}$, противоположны вектору Пойнтинга S_1 обратной сигнальной волны.

В случае метаматериала, решая известную систему укороченных уравнений в рамках приближения заданной интенсивности, т. е. при выполнении равенства $I_{2,3,4}(z) = I_{2,3,4}(z=0) = I_{20,30,40}$, получаем однородное дифференциальное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами:

$$\frac{d^2 A_1}{dz^2} + (\delta_2 + \delta_3 + \delta_4 - \delta_1 - i\Delta) \frac{dA_1}{dz} + [\gamma_1 \gamma_2 I_{30} I_{40} - \gamma_1 \gamma_3 I_{20} I_{40} - \gamma_1 \gamma_4 I_{20} I_{30} - \delta_1 (\delta_2 + \delta_3 + \delta_4 - i\Delta)] A_1 = 0 \quad (1)$$

где: $I_j = A_j \cdot A_j^*$. Решение которого это выражение для комплексной амплитуды сигнальной волны при ее распространении справа налево в метаматериале в общем случае, когда начальные значения всех четырех волн отличны от нуля, т. е. на входе и справа, и слева в среду присутствуют все четыре волны.

Анализ динамики взаимодействия в «левой» среде показывает следующее. Основное отличие поведения сигнальной волны от поведения попутных волн в обычной кубичной нелинейной среде связано со встречным направлением скорости переноса энергии сигнальной волны по отношению к ее фазовой скорости. Данное утверждение приводит к зависимости поля сигнальной волны через граничные условия от полной толщины метаматериала, что подтверждает выражение (4). В процессе распространения волн в нелинейной среде в результате нелинейного взаимодействия происходит энергообмен между встречными волновыми пакетами двух типов волн: прямых волн (волн накачки и слабой волны на частоте ω_2) и обратной волны (сигнальной волны). В результате чего имеет место перекачка энергии волн накачек и волны на частоте ω_2 в энергию сигнальной волны. Эффективность данного процесса зависит от фазового соотношения между взаимодействующими волнами.

В работе проанализированы три важных параметра, определяющих динамику процесса усиления и эффективности преобразования в метаматериале при четырехволновом взаимодействии. Для этого был введен коэффициент усиления сигнальной волны, определяемый как $\eta_{\text{ampl}} = \frac{I_1(z=0)}{I_{1t}}$, эффективность

преобразования, которую определим как $\eta_1 = \frac{I_1(z)}{I_{20}}$, и коэффициент

отражения нелинейного зеркала, роль которого выполняет метаматериал.

Таким образом, как следует из анализа взаимодействия волн в метаматериале в приближении заданной интенсивности в условиях фазового синхронизма поведение $\eta_{amp1}(z)$ отличается от традиционного поведения данной зависимости в обычной среде. Коренное отличие в поведении зависимостей для “правых” и “левых” сред заключается, как отмечалось выше, в членах, связанных с полной толщиной метаматериала. Последнее связано со специфическими граничными условиями для “левой” волны. Схожая картина получена при анализе в приближении неистощенной накачки. Однако в отличие от приближения заданного поля в приближении заданной интенсивности получено, что месторасположение экстремумов интенсивности сигнальной волны зависит не только от интенсивностей волн накачки, но и от интенсивности прямой слабой волны на частоте ω_2 .

Таким образом, в работе дан анализ в приближении заданной интенсивности четырехволнового параметрического взаимодействия в кубичной нелинейной среде, являющейся «левой» для сигнальной волны. Согласно полученным в работе аналитическим выражениям, можно рассчитать ожидаемые значения для таких практически важных параметров взаимодействия, как коэффициент усиления, эффективность преобразования в метаматериале и коэффициент отражения для каждого конкретного условия эксперимента.

Список литературы:

1. Olivares J., Requejo-Isidro J., del Coso R., de Nalda R., Solis J., Afonso C.N., Stepanov A.L., Hole D., Townsend P.D., Naudon A.: Large enhancement of the third-order optical susceptibility in Cu-silica composites produced by low-energy high-current ion implantation. *Journal of Applied Physics* 90, 1064-1066 (2001).
2. Райнтжес Дж. Нелинейные оптические параметрические процессы в жидкостях и газах (М. Мир, 1987, с. 510).
3. Popov A.K., Myslivets S.A., Georg T.F., Shalaev V.M.: Four –wave mixing, quantum control and compensating losses in doped negative-index photonic metamaterials. *Optics Letters* 32, 3044-3046 (2007).
4. Palomba S., Zhang Sh., Park Y., Bartal G., Yin X., Zhang X.: Optical negative refraction by four-wave mixing in thin metallic nanostructures. *Nature materials* 11, 34-38 (2012).

5. Тагиев З.А., Касумова Р.Дж., Салманова Р.А. Теория вырожденного четырёхволнового взаимодействия в приближении заданной интенсивности. Оптика и спектроскопия, 87, №1, 94-97 (1999).
6. Kasumova R.J., Tagiyev Z.H., Amirov Sh.Sh., Shamilova Sh.A., Safarova G.A.: Phase effects at parametrical interaction in metamaterials. Journal of Russian Laser Research 38 (4) 349-358 (2017).
7. Kasumova R.J., Amirov Sh.Sh., Shamilova Sh.A.: Parametric interaction of optical waves in metamaterials under low-frequency pumping. Quantum Electronics, 47(7) 655-660 (2017).

ДЛЯ ЗАМЕТОК

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Сборник статей по материалам X международной
научно-практической конференции*

№ 9 (10)
Декабрь 2017 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 18.12.17. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 10,875. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»
127106, г. Москва, Гостиничный проезд, д. 6, корп. 2, офис 213
E-mail: tech@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3



**НАУЧНЫЙ
ФОРУМ**
nauchforum.ru