



**НАУЧНЫЙ
ФОРУМ**
nauchforum.ru



№ 5(6)

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

МОСКВА, 2017



НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Сборник статей по материалам VI международной заочной
научно-практической конференции*

№ 5 (6)
Июль 2017 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва
2017

УДК 51/53+62

ББК 22+3

НЗ4

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;

Копылов Алексей Филиппович – канд. тех. наук, доц. кафедры радиотехники Института инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета, Россия, г. Красноярск;

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

НЗ4 Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам VI междунар. заочной науч.-практ. конф. – № 5 (6). – М.: Изд. «МЦНО», 2017. – 214 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
СТАНДАРТНЫЙ ОБРАЗЕЦ КАК ОБЪЕКТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ Закирова Альфия Равильевна Веригина Диана Алексеевна	8
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ ОАО «ВОЛОГОДСКИЙ ВАГОНОРЕМОНТНЫЙ ЗАВОД» Трушкова Екатерина Алексеевна Забейворота Виктория Алексеевна Сериков Евгений Александрович Симакова Анастасия Анатольевна	12
РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ УРОВНЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «МАГНИТОГОРСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ» Трушкова Екатерина Алексеевна Забейворота Виктория Алексеевна Сериков Евгений Александрович	20
АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ ЩЕБЕНОЧНЫХ ЗАВОДОВ НА ПРИМЕРЕ ООО «КУРАГИНСКИЙ ЩЕБЕНОЧНЫЙ ЗАВОД» Трушкова Екатерина Алексеевна Литовка Валерия Владимировна Манойленко Александр Юрьевич	27
АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА Трушкова Екатерина Алексеевна Шумилова Анна Сергеевна	33
1.2. Информатика, вычислительная техника и управление	39
ТЕХНОЛОГИЯ ВИРТУАЛИЗАЦИИ И ОБЛАЧНЫЕ ПЛАТФОРМЫ В ОБУЧЕНИИ Шевчук Михаил Валерьевич Градович Валентина Юрьевна	39

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНЕРЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ КАК ЧАСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ Ковалева Мария Александровна Бузаров Мурат Мухарбекович Волошин Сергей Борисович Галушкина Евгения Юрьевна	43
АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ И УСТРАНЕНИЯ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЯ ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ СО СВОЙСТВАМИ ПЕРСИСТЕНТНОСТИ И НЕПОДЧИНЕНИЯ НОРМАЛЬНОМУ ЗАКОНУ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ Петренко Вячеслав Иванович Сидорчук Алеся Вячеславна	50
АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ НА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ С ПОМОЩЬЮ АНСАМБЛЯ РЕШАЮЩИХ ДЕРЕВЬЕВ Завада Светлана Григорьевна	55
1.3. Металлургия и материаловедение	61
ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКУЮ ИЗОТРОПНУЮ СТАЛЬ Медведко Леонид Леонидович Шестопапов Алексей Вячеславович	61
ПОВЫШЕНИЕ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПНОЙ СТАЛИ, ПОСРЕДСТВОМ РАЗРАБОТКИ ВЫСОКОПРОНИЦАЕМОЙ СТАЛИ (HI = B СТАЛЬ) Шестопапов Алексей Вячеславович Медведко Леонид Леонидович	66
1.4. Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы	71
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ ГАЗОПРОВОДА Алексеев Артур Валерьевич	71
КЛАССИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ БАТАРЕЙ Постников Александр Александрович Гумелев Василий Юрьевич Юров Юрий Юрьевич	77

1.5. Строительство и архитектура	82
ОБЗОР ПРОЕКТА РЕГИОНАЛЬНЫХ НОРМАТИВОВ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖИЛЫХ ТЕРРИТОРИЙ, ОБЪЕКТОВ ТОРГОВЛИ И ОБСЛУЖИВАНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ Денякова Виктория Вячеславовна Шаров Никита Александрович	82
ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РИГЕЛЕЙ Жданов Николай Николаевич	88
МЕХАНИЗМ ОКУПАЕМОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В КОМПЛЕКСНОЕ ОБУСТРОЙСТВО УЧАСТКА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ М-4 «ДОН» Лыкова Олеся Александровна Забейворота Виктория Алексеевна Симакова Анастасия Анатольевна Фарниева Марина Вячеславовна	92
АНАЛИЗ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТЕРЖНЕВОЙ СИСТЕМЫ ПОКРЫТИЯ ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ ОБРУШЕНИЮ Луптаков Руслан Игоревич	100
МНОГОПОЯСНЫЕ ТРОСОВЫЕ СИСТЕМЫ – ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ Сериков Евгений Александрович Забейворота Виктория Алексеевна	104
ЛЕВОБОЕРЕЖНАЯ МАГИСТРАЛЬ – КЛЮЧЕВОЙ ОБЪЕКТ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЧМ – 2018 Г. В РОСТОВЕ-НА-ДОНУ Симакова Анастасия Анатольевна Фарниева Марина Вячеславовна Забейворота Виктория Алексеевна	110
АНАЛИЗ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА БЕЗБАЛОЧНЫХ ПЛИТ НА ПРОДАВЛИВАНИЕ Аксенов Николай Борисович Трофимова Виктория Михайловна	115

ОБЪЁМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ В СЕВЕРНОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ Макеев Сергей Александрович Беляев Никита Владимирович Фалетёнок Александр Викторович	121
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ СТЕРЖНЯ В ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНОЙ ПОСТАНОВКЕ В СРЕДЕ MICROSOFT EXCEL Макеев Сергей Александрович Фалетёнок Александр Викторович	131
РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗДАНИЙ ХРУЩЕВСКОЙ ЗАСТРОЙКИ Ершова Сания Салаватовна Филякова Евгения Игоревна	140
1.6. Транспорт	145
АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ И ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ДОСТУПНОСТИ ЛУЧШИХ АЭРОПОРТОВ МИРА Нарбеков Марат Фаридович	145
1.7. Транспортное, горное и строительное машиностроение	154
АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЕЙ НА СОВМЕСТНЫХ РОССИЙСКО-КИТАЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ В УСЛОВИЯХ СВОБОДНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗОН ПРИМОРСКОГО КРАЯ Урбановский Михаил Богданович	154
1.8. Электротехника	158
ПРОЕКТИРОВАНИЕ МНОГОКООРДИНАТНОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА Лысков Андрей Сергеевич	158
1.9. Энергетика	162
КОМПЕНСАЦИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИК В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКАХ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ Батуева Дарья Евгеньевна	162

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 10 КВ НА ОСНОВЕ РЕКЛОУЗЕРОВ ПСС-10 Батуева Дарья Евгеньевна	181
Раздел 2. Математика	197
2.1. Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление	197
СНИЖЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ САМОЛЕТА МС-21 Железнов Олег Владимирович Чекаев Юрий Юрьевич	197
Раздел 3. Механика	204
3.1. Механика деформируемого твердого тела	204
ОСОБЕННОСТИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО УДАРА ШАРА ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ПО АЛЮМИНИЕВЫМ И ТИТАНОВЫМ ПЛАСТИНАМ Мешков Владимир Валентинович Васильев Максим Викторович Козлов Антон Ильич	204

РАЗДЕЛ 1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

1.1. БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

СТАНДАРТНЫЙ ОБРАЗЕЦ КАК ОБЪЕКТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Закирова Альфия Равильевна

*канд. техн. наук, доц.,
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет,
РФ, г. Казань*

Веригина Диана Алексеевна

*студент,
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет,
РФ, г. Казань*

STANDARD SAMPLE AS INTELLECTUAL PROPERTY ITEM

Alfiya Zakirova

*candidate of Science, associate Professor, Kazan Federal University,
Russia, Kazan*

Diana Verigina

*student, Kazan Federal University,
Russia, Kazan*

Аннотация. В статье рассмотрено состояние вопроса по стандартным образцам в РФ. Анализ проводился по данным Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений и

государственной службы стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов РФ. Выявлено, что стандартные образцы являются объектом интеллектуальной собственности и могут представлять интерес для бизнеса как мало освоенная ниша коммерциализации интеллектуальной собственности. Установлено, что возможности для создания стандартных образцов и охраны их в качестве интеллектуальной собственности не зависят от типа производства для которого они применяются.

Abstract. In article the condition of a question on standard samples in the Russian Federation is considered. The analysis was carried out according to Federal information fund for ensuring unity of measurements and public service of standard examples of structure and properties of substances and materials of the Russian Federation. It is revealed that standard samples are an intellectual property item and can be of interest to business as a little mastered niche of commercialization of intellectual property. It is established that opportunities for creation of standard samples and their protection as intellectual property don't depend on production type to which they are applied.

Ключевые слова: стандартный образец; метрологическое обеспечение; интеллектуальная собственность; патент; коммерциализация.

Keywords: standard sample; metrological support; intellectual property; patent; commercialization.

Согласно федеральному закону «Об обеспечении единства измерений» стандартный образец – это образец вещества (материала) с установленными по результатам испытаний значениями одной и более величин, характеризующих состав или свойство этого вещества (материала).

Сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений распространяется на стандартные образцы, к которым установлены обязательные требования. К стандартным образцам предъявляются метрологические требования, охватывающие требования к влияющим на результат измерений характеристикам (параметрам) стандартных образцов, а также к условиям, при которых эти характеристики (параметры) должны быть обеспечены. Сведения об утвержденных типах стандартных образцов и типах средств измерений вносятся в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений [3].

Вопросы обеспечения единства измерений являются важной составляющей в осуществлении оптимизации управления технологическими процессами с учетом требований охраны окружающей

среды и обеспечения безопасных условий и охраны труда. Государственная система обеспечения единства измерений неразрывно связана с системой стандартизации. А цели стандартизации достигаются путем реализации перечня задач, в том числе обеспечения единства измерений и сопоставимости их результатов, большое значение в котором имеют стандартные образцы [1, с. 142].

Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений содержит 5177 документов по утвержденным стандартным образцам, из них за последние 5 лет было утверждено только 699 документов. В этих утвержденных документах имеются существенные различия в сроке действия стандартных образцов от 1 месяца до без ограничения срока годности. В перечне утвержденных типов стандартных образцов за последние 5 лет имеется только одно свидетельство со сроком годности стандартного образца в 1 месяц. Утвержденных типов стандартных образцов за последние 5 лет без ограничения срока годности имеется 4 свидетельства. К таким типам стандартных образцов без ограничения срока годности условно можно отнести типы стандартных образцов со сроком годности в 50, 60 и 70 лет в количестве 30 свидетельств, что составляет примерно 5 % от общего числа утвержденных за последние 5 лет типов стандартных образцов.

Утвержденные документы имеют различия и по типам производства: единичному, единичному ввозу, повторяющемуся ввозу, серийному повторяющимися партиями, серийному непрерывному. Примерно 80 % документов относятся к серийному типу производства: повторяющимися партиями 45 % и непрерывному 33 %. По серийному типу производства утвержденные типы стандартных образцов относятся к отечественным производителям, а по единичному и повторяющемуся ввозу – к зарубежным, производителем четверти которых являются США.

В числе отечественных производителей организации с различной организационно-правовой формой – это акционерные общества, общества с ограниченной ответственностью, государственные научные учреждения и т. д.; и только одно физическое лицо – индивидуальный предприниматель Калачева Н.И., являющийся производителем четырех типов стандартных образцов, относящихся к производству серийно повторяющимися партиями.

А вот в числе 37 действующих патентов в области стандартных образцов физических лиц в качестве патентообладателей нет. Физические лица значатся в числе правообладателей 16 патентов в области стандартных образцов, статус которых «Прекратил действие». Таким образом, на сайте государственной службы стандартных образцов

состава и свойств веществ и материалов РФ имеются сведения о 53 патентах по состоянию на 03.11.2016 г., из них с датой подачи заявки в 2015 году – 3 патента; в 2014 году – 4 патента, в 2013 году – 3 патента, в 2012 году -1 патент, в 2011 году - 4 патента, в 2009 году – 4 патента, в 2008 году – 4 патента, в 2007 году - 1 патент, 2006 году – 4 патента, 2005 году – 4 патента, 2003 году - 2 патента, 2002 году - 2 патента, 2001 году – 2 патента, 2000 году – 3 патента, 1999 году – 1 патент, 1998 году - 2 патента, 1996 году - 1 патент, 1994 году – 2 патента, 1993 году – 1 патент, 1992 году – 3 патента, 1985 году – 1 патент [2].

В целом можно сказать, что до 2000 года патентовалось в среднем по 1-2 стандартных образца ежегодно, после 2000 года – в среднем по 3-4 стандартных образца ежегодно.

Выводы:

- стандартные образцы являются объектом интеллектуальной собственности и могут представлять коммерческий интерес как для крупного, так и малого бизнеса;
- нет оснований утверждать, что в последние годы стандартные образцы стали объектом активного патентования и использования права на их производство, следовательно, это мало освоенная ниша коммерциализации интеллектуальной собственности;
- серийные производства в большей степени обеспечены документацией по стандартным образцам, в отличие от единичных производств, но не зависимо от типов производства существуют широкие возможности для создания стандартных образцов и охраны их в качестве интеллектуальной собственности;
- утвержденных типов стандартных образцов с длительным или неограниченным сроком действия всего около 5 %, необходимо совершенствование системы разработки и внедрения стандартных образцов для увеличения продолжительности срока годности;
- нет оснований утверждать, что применение права на стандартные образцы постепенно переходит в руки частных структур, соответственно нет серьезных угроз для государственного контроля безопасности, качества и эффективности соответствующих товаров;
- развитие системы разработки, утверждения и внедрения стандартных образцов как объектов интеллектуальной собственности будет способствовать достижению целей, сформулированных федеральным законом «Об обеспечении единства измерений», а именно обеспечению «потребности граждан, общества и государства в получении объективных, достоверных и сопоставимых результатов измерений, используемых в целях защиты жизни и здоровья граждан,

охраны окружающей среды, животного и растительного мира, обеспечения обороны и безопасности государства, в том числе экономической безопасности» [3].

Список литературы:

1. Закирова А.Р., Веригина Д.А. Метрологическое обеспечение производства в управлении технологическими процессами. // WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS: сборник статей XI Международной научно-практической конференции. В 2 ч. Ч. 1 – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2017. – 314 с. URL: <http://naukaip.ru/wp-content/uploads/2017/06/%D0%9C%D0%9A-194-%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C-1.pdf> (Дата обращения 13.07.2017).
2. Патенты и изобретения. URL: <https://gsso.ru/2016/08/30/патенты-и-изобретения/> (Дата обращения 13.07.2017).
3. Федеральный закон от 26.06.2008 N 102-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об обеспечении единства измерений». URL: <http://docs.cntd.ru/document/902107146> (Дата обращения 13.07.2017).

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ ОАО «ВОЛОГОДСКИЙ ВАГОНРЕМОНТНЫЙ ЗАВОД»

Трушкова Екатерина Алексеевна

*канд. техн. наук, доц.,
Донской государственный технический университет, ДГТУ,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Забейворота Виктория Алексеевна

*студент 4-го курса, направление подготовки:
«Строительство уникальных зданий и сооружений»,
Донской государственный технический университет, ДГТУ,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Сериков Евгений Александрович

*студент, направление подготовки:
«Строительство уникальных зданий и сооружений»,
Донской государственный технический университет, ДГТУ,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Симакова Анастасия Анатольевна

*студент, направление подготовки: «Строительство
автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений»,
Донской государственный технический университет, ДГТУ,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

STUDY OF THE INFLUENCE OF FACTORS OF THE PRODUCTION ENVIRONMENT ON THE HEALTH OF EMPLOYEES OF JSC VOLOGDA CAR REPAIR PLANT

Ekaterina Trushkova

*candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Don State Technical University, DSTU,
Russia, Rostov-on-Don*

Viktoriya Zabeivorota

*a fourth-year student, "Construction of unique buildings and structures",
Don State Technical University, DSTU,
Russia, Rostov-on-Don*

Evgeniy Serikov

*a fourth-year student, "Construction of unique buildings and structures",
Don State Technical University, DSTU,
Russia, Rostov-on-Don*

Anastasia Simakova

*a fourth-year student,
"Construction of highways, airfields and special structures",
Don State Technical University, DSTU,
Russia, Rostov-on-Don*

Аннотация. В статье приведены статистические данные о численности рабочих, занятых на тяжелых работах. Представлены основные профессиональные заболевания слесарей-ремонтников и причины их возникновения. Предложены мероприятия по борьбе с вредными и опасными факторами производственной среды ОАО «Вологодский вагоноремонтный завод».

Abstract. The article presents statistical data on the importance of workers employed in heavy work. The main occupational diseases of locksmith repairmen and the reasons for their occurrence are presented.

Preposition of the event to combat harmful and dangerous factors in the production environment of JSC Vologda Car Repair Plant.

Ключевые слова: слесарь-ремонтник; вагонный завод; вредные; опасные факторы.

Keywords: repairman; car factory; harmful; dangerous factors.

Слесарь является незаменимой профессией на производстве, так как она связана с обслуживанием и эксплуатацией оборудования. Деятельность слесаря-ремонтника представляет собой работу с применением знаний устройства принципов работы ремонтируемого оборудования, силовых установок, агрегатов и машин, свойств обрабатываемых материалов, антикоррозийных смазок и масел, способов восстановления изношенных деталей, регулировки и приёмки узлов, устройств и способов применения специальных приспособлений и контрольно-измерительных инструментов.

Слесарю–ремонтнику подвижного состава необходимо хорошо разбираться в механизмах, с которыми он работает, знать их особенности, логику функционирования, свойства основных материалов, из которых изготовлены вагоны подвижного состава. Текущий ремонт будет включать в себя замену деталей, которые уже вышли из строя, капитальный ремонт потребует, когда сломаны или изношены базовые механизмы. Также существует плановый ремонт, заключающийся в проверке и диагностике всех систем. В обязанности специалиста такого профиля входит выполнение всех подобных ремонтов на производстве. К противопоказаниям относят заболевания конечностей, ограничивающие диапазон движений, опорно-двигательного аппарата, проблемы с легочной системой.

Рабочее место слесаря-ремонтника подвижного состава представляет собой место, где происходят все этапы ремонтных работ.

Рабочее место имеет постоянный или временный характер. Ремонтные работы возле станка или определенного механизма – это временно, все работы при нахождении в пределах рабочей площади – постоянно. Постоянное место оборудовано всем необходимым инструментом, станками и т. д. для работы. Временное же место предполагает возможность перестановки предметов и станков, служащих для осуществления ремонта.

Рассмотрим в качестве исследования Вологодскую область. Проанализируем гистограмму по работникам, занятым на тяжелых работах данного субъекта РФ, гистограмму по численности работников, работающих под воздействием превышающих ОВПФ, а также изучим сведения о количестве проверок по вопросам обеспечения работников СИЗ (рис. 1, рис. 3)

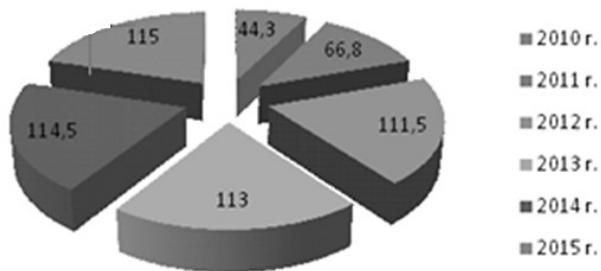


Рисунок 1. Гистограмма по работающим, занятым на тяжелых работах

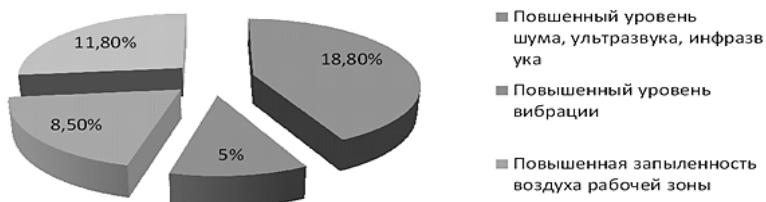


Рисунок 2. Численность работников в %, работающих под воздействием превышающих ОВПФ



Рисунок 3 Сведения о количестве проверок по вопросам обеспечения работников СИЗ

Проанализировав гистограмму по работающим, занятым на тяжелых работах, можно сделать вывод о том, что с 2010 года количество рабочих опасного производства значительно возросло. Повышенный уровень шума, ультразвука, инфразвука оказывает значительное влияние на работников промышленного производства данной территории.

ОАО «Вологодский вагоноремонтный завод» является одним из основных предприятия в системе Российских железных дорог. Завод имеет в собственности 8 цехов основного назначения, 4 цеха вспомогательного назначения, а также ряд других подразделений. Общая площадь территории составляет 77486,1 кв.м.

В научных публикациях [–12] представлены результаты оценки отдельных факторов трудового процесса на предприятиях в машиностроительной отрасли.

На предприятии нескольким рабочим местам присвоен класс труда 3.1 и 3.2. Подкласс 3.1 определяется тем, что после воздействия на работника вредных или опасных производственных факторов, функциональное состояние организма восстанавливается при более длительном, чем до начала следующего рабочего дня, увеличивается риск ухудшения здоровья. Подкласс 3.2 характеризуется тем, что уровни воздействия опасных факторов могут вызвать функциональные изменения в организме работника, патологии, возможна утрата трудоспособности.

К основным вредным и опасным физическим факторам, оказывающим влияние на здоровье работников вагоноремонтного завода относятся: пыль, освещенность, шум и излучение.

Так как частички пыли с вредными примесями присутствуют в любой производственной среде, то их состав загрязняет дыхательную систему человека и осложняет ее работу. В результате рабочие получают ряд профессиональных заболеваний: бронхиальная астма, силикоз, асбестоз, металлоконииоз (вдыхание металлической пыли). Для защиты от этого вредного фактора на заводе принято использование пылеуборочной установки, пылесадительной камеры, а также каждому сотруднику заводы выдаются респираторы (рис. 4).



Рисунок 4. Пылеуборочная установка

Поскольку некоторые источники света негативно влияют на физическое и эмоциональное состояние слесарей, то у рабочих возникает быстрая усталость, болезни глаз (близорукость), снижается внимательность, затем следует уменьшение производительности. От температуры нагрева осветительных приборов, а также от продолжительности зрительной работы, будут зависеть и показатели, определяющие вредные условия труда. Для устранения этого фактора рабочим выдаются маски или очки, осуществляется демонтаж установленных ранее светильников, оснащенных электромагнитными ПРА, и установка на их место новых светильников, оснащенных электромагнитными ПРА (т. е. ЭПРА);

Шум, который с повышением звукового давления на органы слуха негативно влияет на работу центральной нервной системы, что характерно для цехов ОАО «Вологодского вагоноремонтного завода». Производственный шум может вызывать не только дискомфорт, но и болевые ощущения, вызывая хронические заболевания. Вредные и опасные условия труда с повышенным звуковым давлением на органы слуха характерны для цехов. Чтобы избежать негативного влияния применяют звукопоглощающие/звукоизоляционные материалы, противозумная одежда, беруши (рис. 5).



Рисунок 5. Наушники противошумные “ЗМ PELTOR ОПТИМ”

Излучение, вызывающее изменение состояния кожи, внутренних органов и общего самочувствия человека. Для защиты от излучения при работе используется экранирование и СИЗ из специальных материалов.

Таким образом, для снижения профессиональных рисков и вредных производственных факторов, воздействующих на рабочих цехов ОАО «Вологодского вагоноремонтного завода», проводятся следующие мероприятия:

1) Организационные мероприятия: проведение инструктажей и обучение безопасным методикам работы; проведение медицинских осмотров; контроль за выполнением техники безопасности работниками.

2) Технические мероприятия: автоматизация рабочих мест; применение эффективных средств индивидуальной и коллективной защиты; установка систем вентиляции производственных цехов, отопительных систем; качественного освещения.

3) Профилактические меры для снижения профессиональной заболеваемости работников: применение косметических средств индивидуальной защиты; повышение иммунитета работников, пропаганда здорового образа жизни для снижения заболеваемости стрептококковой инфекцией (ревматизм); гигиеническое обучение работников для снижения роста желудочно-кишечных заболеваний; устранение источников пыли, герметизация оборудования.

Список литературы:

1. Трушкова Е.А., Волкова Н.Ю. Результаты исследования проблемы акустической безопасности оборудования на ОАО «Краснокамский ремонтно-механический завод» // Научное обозрение. – 2014. – № 11. – С. 528–531.

2. Трушкова Е.А., Стасева Е.В., Волкова Н.Ю. Вредные факторы производственной среды. Часть I: учебное пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014 – 103 с.
3. Трушкова Е.А., Волкова Н.Ю. Разработка мероприятий по профилактике травматизма и профзаболеваний на ОАО «Роствертол» // Научное обозрение. – 2014. – № 10. – С. 550–553.
4. Трушкова Е.А., Канцыгов Б.Р. К вопросу о проблемах перехода к управлению профессиональными рисками // Строительство-2015: Современные проблемы строительства. Материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Союз строителей южного федерального округа, Ассоциация строителей Дона. 2015. С. 87-88.
5. Пушенко С.Л., Деундяк Д.В., Омельченко Е.В., Нихаева А.В., Пушенко А.С., Трушкова Е.А., Стасева Е.В., Федина Е.В., Филь Е.С. Безопасность жизнедеятельности. Часть 2 Производственная санитария и гигиена труда: Учебное пособие. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014. – 94 с. с прил.
6. Трушкова Е.А., Стасева Е.В. Вредные факторы производственной среды. Часть 2: учебное пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2015. – 110 с.
7. Трушкова Е.А., Лузинская К.С. Проблемы мониторинга и оценки профессиональных рисков // Строительство-2015: Современные проблемы строительства. Материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Союз строителей южного федерального округа, Ассоциация строителей Дона. 2015. С. 95–96.
8. Трушкова Е.А. Исследование этапов методологии профессионального риска// Инженерный вестник Дона. – 2012. Т.23. – № 4-2(23). – С. 173.
9. Трушкова Е.А., Токаева Н.Г. Оценка условий труда как элемента формирования профессионального риска работников машиностроительной отрасли / Сборник: Актуальные направления инновационного развития животноводства и современные технологии производства продуктов питания. Материалы международной научно-практической конференции, 2016. С. 392–396.
10. Трушкова Е.А. Определение индивидуального профессионального риска на рабочих местах работников ОАО «Роствертол» // Научное обозрение. – 2014. – № 10-3. – С. 827–830.
11. Пушенко С.Л., Нихаева А.В., Омельченко Е.В., Пушенко А.С., Соколова Г.Н., Стасева Е.В., Трушкова Е.А., Филь Е.С. Безопасность жизнедеятельности. Часть 3 Безопасность производства работ (техника безопасности): Учебное пособие. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2015. – 184 с.
12. Пушенко С.Л., Трушкова Е.А., Омельченко Ю.А. Организация мониторинга безопасности и условий труда в РФ // Строительство-2015: Современные проблемы строительства. Материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Союз строителей южного федерального округа, Ассоциация строителей Дона. 2015. С. 107–108.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
ПО ПОВЫШЕНИЮ УРОВНЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ
ОАО «МАГНИТОГОРСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ
КОМБИНАТ»**

Трушкова Екатерина Алексеевна

*канд. техн. наук, доц.,
Донской государственной технической университет, ДГТУ,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Забейворота Виктория Алексеевна

*студент, направление подготовки:
«Строительство уникальных зданий и сооружений»,
Донской государственной технической университет, ДГТУ,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Сериков Евгений Александрович

*студент, направление подготовки:
«Строительство уникальных зданий и сооружений»,
Донской государственной технической университет, ДГТУ,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

**DEVELOPMENT OF TECHNICAL SOLUTIONS
TO IMPROVE THE LEVEL OF INDUSTRIAL SAFETY
AT THE ENTERPRISE OF OJSC
"MAGNITOGORSK IRON AND STEEL WORKS"**

Ekaterina Trushkova

*candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, Don State Technical University, DSTU,
Russia, Rostov-on-Don*

Viktoriya Zabeivorota

*a fourth-year student, "Construction of unique buildings and structures",
Don State Technical University, DSTU,
Russia, Rostov-on-Don*

Evgeniy Serikov

*a fourth-year student, "Construction of unique buildings and structures",
Don State Technical University, DSTU,
Russia, Rostov-on-Don*

Аннотация. В статье приведены: данные о несчастных случаях на производстве по видам экономической деятельности в 2015-2016 годах. На примере предприятия ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» рассмотрена профессия горнового доменной печи. Приведены мероприятия по повышению уровня промышленной безопасности на комбинате.

Abstract. The article contains: data on occupational accidents by types of economic activity in 2015 - 2016. On an example of the enterprise of Open Society "Magnitogorsk metallurgical combine" the trade of a mountain blast furnace is considered. Measures are taken to improve the level of industrial safety at the plant.

Ключевые слова: горновой доменной печи; металлургия; микроклиматические условия; пыль.

Keywords: Furnace blast furnace; metallurgy; microclimatic conditions; dust.

Горновой доменной печи – название данной профессии происходит от названия нижней части доменной печи, это отдел, из которого вытекает расплавленный металл (горна). Этот специалист следит за выпуском чугуна и шлака, ломкой и сушкой литейной канавы, заправкой перевалов и пушки, сменой фурм и охладительных приборов для обслуживания доменных печей. Также выполняет подготовку чугунных и шлаковых желобов, носков, сифонов, обводного желоба к выпуску чугуна и шлака, подготовка и установка отсечных лопат, шлаковозных ковшей для приемки шлака, засыпка чугуно-возных ковшей коксовой мелочью. Регулирует наполнение ковшей. Участвует в ремонте оборудования горна. Горновой это профессия, которая востребована круглые сутки, так как на металлургических предприятиях работают в 2–3 смены, чтобы производство не останавливалось ни на минуту из-за особенностей работы доменной печи.

Рабочим местом бригады горновых доменных печей является рабочая площадка печи, литейный двор чугунная и шлаковая летки, чугунные и шлаковые желоба, горновая канава, а также в пределах литейного двора и поддоменика, хозяйственный путь и площадка под литейным двором доменной печи. Рабочее место состоит из установленного оборудования, инструмента и приспособления, а также запасы необходимых для работы заправочных материалов.

Работники металлургических предприятий могут контактировать с химическими веществами в результате их целенаправленного введения в производственный процесс, образования в ходе производственного процесса либо при использовании их в целях обслуживания и ремонта, а также при их активном применении. В научных публикациях [1–12] представлены результаты оценки отдельных факторов трудового процесса в металлургических производствах.

Поскольку на металлургическом производстве на рабочих действует комплекс вредных и опасных факторов производства, которые в сочетании друг с другом приводят к неблагоприятным последствиям, то некоторые рабочие места горновых доменных печей получили 3 класс условий труда. Этот класс определяется вредными условиями труда, при которых уровни воздействия производственных факторов превышают установленные нормы.

Микроклиматические условия труда таких специалистов очень разнообразны. Так как, работая на открытом воздухе, на горнового воздействуют метеоусловия в соответствии с особенностями региона.

На основании статистических данных по распределению несчастных случаев на производстве по видам экономической деятельности можно сделать вывод, что обрабатывающие производства имеют самый высокий процент пострадавших по России. (Рис. 1).

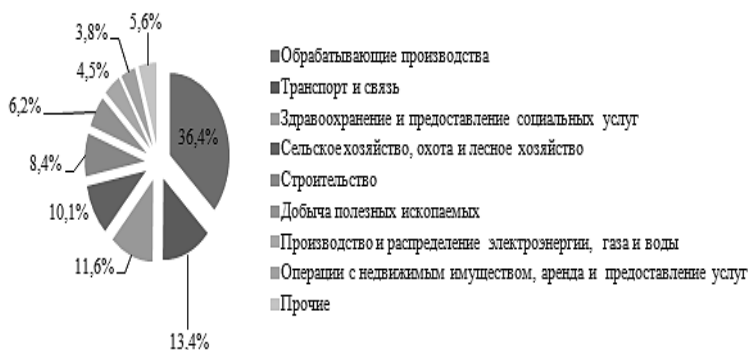


Рисунок 1. Распределение пострадавших от несчастных случаев на производстве по видам экономической деятельности в 2015–2016 годах (по данным Росстата)

По результатам исследования пострадавших со смертельным исходом обрабатывающее производство также имеет высокий процент (Рис. 2).

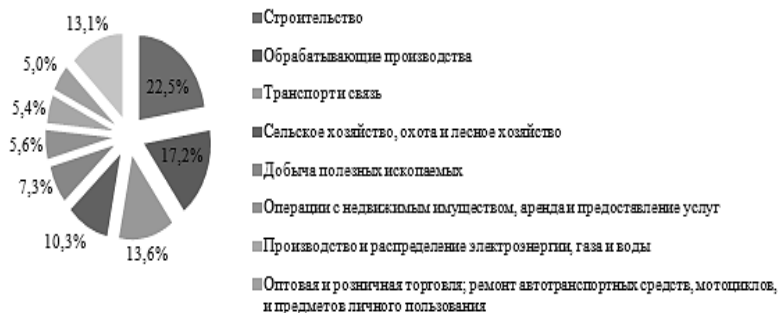


Рисунок 2. Распределение пострадавших от несчастных случаев на производстве по видам экономической деятельности в 2015–2016 годах (по данным Росстата)

Рассмотрим предприятие ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», располагающийся в Челябинской области. Этот комбинат является крупнейшим в нашей стране производителем в сфере черной металлургии.

Горновые, а также их подручные – разливыщики чугуна, в теплый период года работают в условиях нагревающего микроклимата, где средняя температура колеблется в пределах 32–37 °С, а интенсивность инфракрасного излучения подвержена большим колебаниям и составляет 350–10000 Вт/м². Данная профессия требует значительных физических нагрузок, связанных с выполнением ручных операций, поэтому данные условия труда приводят к нарушению терморегуляции. Нарушение терморегуляции приводит к сосудистым расстройствам, кровоизлиянию, опухолям, энцефалиту, может возникнуть эндогенная центральная гипертермия. При работе на открытом воздухе возможность защиты на открытом воздухе ограничена.

В связи с этим нормами предусмотрено ограничение влияния метеоусловий по верхним или нижним показателям; установление благоприятных режимов труда и отдыха.

Для металлургического комбината предусмотрены следующие ограничения:

- запрещены работы при температуре воздуха выше +33 и ниже -45°С, а также при скорости ветра более 15 м/с;
- запрещены верхолазные и монтажные работы при скорости ветра более 15 м/с, а также тумане и гололеде;

- при скорости ветра более 15 м/с прекращается работа башенных кранов;
- расстояние от рабочих мест до бытовых помещений не должно превышать 500 м, а в северной климатической зоне – 300 м;
- при температуре воздуха на рабочих местах ниже 10°C работающие должны быть обеспечены помещениями для обогрева;
- в холодный период года режимы труда и отдыха устанавливаются в зависимости от жесткости погоды.

На предприятии ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» для обеспечения охраны труда следует добавить следующие организационные мероприятия: обеспечение персонала спецодеждой, согласно нормативам; наблюдение за соблюдением перерыва и отдыха рабочих; строгий надзор за получением допуска, выполнением работы, оформлением перерыва, перехода на другое рабочее место. К техническим мероприятиям на комбинате добавить перезарядку и ремонт устаревшего оборудования; внедрение и совершенствование технических устройств.

В металлургическом производстве образуется большое количество вдыхаемых агентов, включая, наряду с прочими, газы, пары, пыль, дым и аэрозоли. Эти агенты несут ряд токсикологических угроз, оказывая на организм человека раздражающее, удушающее, фиброгенное, аллергенное, канцерогенное и мутагенное воздействие.

Также вредным фактором, оказывающим влияние на здоровье горновых доменных печей, является пыль. Работы по загрузке доменных печей шихтовыми материалами характеризуются выделением в воздух больших количеств пыли. Высокая запыленность воздуха создается в подбункерных помещениях, когда заполняются вагоны-весы и скип рудой, флюсами, агломератом, при грохочении кокса, при обдувке механизмов. На предприятии «Магнитогорский металлургический комбинат» для уменьшения запыленности получают окатыши, которые обладают повышенной механической прочностью, что позволяет ожидать уменьшения пылевыведений в отделениях шихтоподачи.

Таким образом, мероприятиями по улучшению условий труда на металлургическом предприятии:

1. Организационные мероприятия: проведение инструктажей по охране труда; обучение работников наиболее эффективным и безопасным методам работы; соблюдение регламентированных перерывов; соблюдение требований охраны труда; поддержание правильного питьевого режима.

2. Технические мероприятия: использование систем автоматического контроля опасных и вредных производственных факторов и рисков; применение наиболее эффективных средств индивидуальной защиты; автоматизация и механизация складирования и транспортировки различного сырья в металлургическом производстве; установка систем вентиляции металлургических цехов.

3. Для улучшения условий труда работников металлургического производства необходимо, в первую очередь, внедрять и применять наиболее эффективные средства индивидуальной защиты работников и автоматизацию технологического процесса металлургического цеха.

Таким образом, необходимо выполнять наблюдение за состоянием здоровья работников в зависимости от условий труда с целью наиболее объективной оценки профессиональных рисков, отражающей влияние условий труда, на здоровье работающих с учетом особенностей воздействия вредных факторов. Внедрив систему управления профессиональными рисками, следует постоянно проверять, продолжает ли она оставаться эффективной, и в случае неудовлетворительного результата максимально быстро принимать корректирующие меры или при необходимости осуществлять переоценку профессиональных рисков.

Список литературы:

1. Денисов Э.И., Измеров Н.Ф. Оценка профессионального риска в медицине труда: принципы, методы и критерии // Вестник РАМН, № 2, 2004. С. 17–21.
2. Пособие по наблюдению за условиями труда на рабочем месте в промышленности. Система Элмери. (2-е обновленное издание) // Институт профессионального здравоохранения Финляндии. – Хельсинки, 2000. – 26 С.57.
3. Пушенко С.Л., Нихаева А.В., Омельченко Е.В., Пушенко А.С., Соколова Г.Н., Стасева Е.В., Трушкова Е.А., Филь Е.С. Безопасность жизнедеятельности. Часть 3 Безопасность производства работ (техника безопасности): Учебное пособие. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2015. – 184 с.
4. Трушкова Е.А., Волкова Н.Ю. Результаты исследования проблемы акустической безопасности оборудования на ОАО «Краснокамский ремонтно-механический завод» // Научное обозрение. – 2014. – № 11. – С. 528–531.
5. Трушкова Е.А., Стасева Е.В., Волкова Н.Ю. Вредные факторы производственной среды. Часть I: учебное пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014 – 103 с.

6. Трушкова Е.А., Волкова Н.Ю. Разработка мероприятий по профилактике травматизма и профзаболеваний на ОАО «Роствертол» // Научное обозрение. – 2014. – № 10. – С. 550–553.
7. Трушкова Е.А., Стасева Е.В. Вредные факторы производственной среды. Часть 2: учебное пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2015. – 110 с.
8. Пушенко С.Л., Деундяк Д.В., Омельченко Е.В., Нихаева А.В., Пушенко А.С., Трушкова Е.А., Стасева Е.В., Федина Е.В., Филь Е.С. Безопасность жизнедеятельности. Часть 2 Производственная санитария и гигиена труда: Учебное пособие. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014. – 94 с. с прил.
9. Пушенко С.Л., Трушкова Е.А., Омельченко Ю.А. Организация мониторинга безопасности и условий труда в РФ // Строительство – 2015: Современные проблемы строительства. Материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Союз строителей южного федерального округа, Ассоциация строителей Дона. 2015. С. 107–108.
10. Трушкова Е.А., Лукинская К.С. Проблемы мониторинга и оценки профессиональных рисков // Строительство-2015: Современные проблемы строительства. Материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Союз строителей южного федерального округа, Ассоциация строителей Дона. 2015. С. 95–96.
11. Олейников П.Д., Трушкова Е.А. Основные конструктивно-технологические мероприятия по снижению уровня шума на рабочих местах //Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и экологии. Сборник научных трудов второй международной научно-практической конференции с научной школой для молодежи. Тверской государственный технический университет. 2016 – С. 66–68.
12. Трушкова Е.А., Канцыгов Б.Р. К вопросу о проблемах перехода к управлению профессиональными рисками // Строительство-2015: Современные проблемы строительства. Материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Союз строителей южного федерального округа, Ассоциация строителей Дона. 2015. С. 87–88.

**АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ
ЩЕБЕНОЧНЫХ ЗАВОДОВ НА ПРИМЕРЕ
ООО «КУРАГИНСКИЙ ЩЕБЁНОЧНЫЙ ЗАВОД»**

Трушкова Екатерина Алексеевна

*канд. тех. наук, доц.,
Донской государственный технический университет,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Литовка Валерия Владимировна

*студент, Донской государственный технический университет,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Манойленко Александр Юрьевич

*студент, Донской государственный технический университет,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

**ANALYSIS OF WORKING CONDITIONS OF EMPLOYEES
OF STONE CRUSHER FACTORIES BY EXAMPLE
OF LLC "KURAGINSKIY STONE CRUSHER FACTORY"**

Ekaterina Trushkova

*candidate of Engineering sciences, associate Professor,
Don State Technical University,
Russia, Rostov-on-Don*

Valeria Litovka

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

Alexander Manoylenko

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

Аннотация. В статье рассмотрены вредные производственные факторы оказывающие воздействие на работников Курагинского щебеночного завода. Предложены технологические и организационные

мероприятия, позволяющие снизить воздействие вредных производственных факторов на данном заводе.

Abstract. The article considers harmful production factors affecting workers of Kuraginskiy stone crusher factory. Technological and organizational events are proposed to reduce the impact of harmful production factors at this factory.

Ключевые слова: щебеночный завод; аэрозолям преимущественно фиброгенного действия (АПФД); минеральная пыль; вибрация; шум.

Keywords: stone crusher factory; aerosols with predominantly fibrogenic action; mineral dust; vibration; noise.

Щебень является одним из самых применяемых в строительстве материалов. Он используется в дорожном строительстве, при закладке фундамента и является основой при изготовлении бетона.

Курагинский щебеночный завод ведет свою деятельность с 1963 года. На данный момент завод выпускает 450 тыс. куб. м щебня в год.

Согласно результатам общероссийского мониторинга условий и охраны труда за 2015 год проведенного Министерством труда и социальной защиты РФ в Красноярском крае было зарегистрировано 1639 страховых случаев [1]. Более подробная информация о несчастных случаях (НС) и профессиональных заболеваниях представлена на диаграмме (рис. 1).

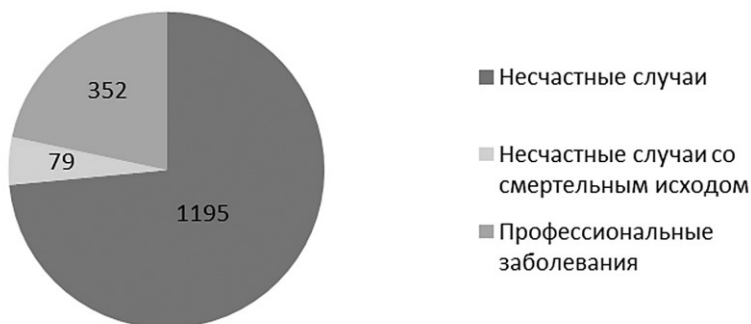


Рисунок 1. Диаграмма НС и профессиональных заболеваний зарегистрированных за 2015 год в Красноярском крае

Условия труда на Курагинском щебеночном заводе относятся к вредным условиям труда 2 степени, которые характеризуются воздействием вредных производственных факторов, приводящих к появлению и развитию профессиональных заболеваний легкой степени тяжести (без потери трудоспособности).

В научных публикациях [1–10] представлены результаты оценки отдельных факторов трудового процесса в строительном производстве.

На данном щебеночном заводе на работников отрицательно влияют следующие вредные производственные факторы: минеральная пыль, вибрация и шум.

Минеральная пыль, образующаяся в результате дробления каменных материалов, а также выделяющаяся при сортировке и транспортировке щебня, относится к аэрозолям преимущественно фиброгенного действия (АПФД).

Профессиональные заболевания, связанные с воздействием АПФД, по частоте их возникновения занимают на железнодорожном транспорте первое место, а по России в целом – второе место.

Степень вредного воздействия пыли на организм человека при производстве щебня определяется процентным содержанием кремнезема (SiO_2) и ее проникающей способностью.

Наибольшее содержание SiO_2 в пыли наблюдается при переработке песчаника (93–95 %), гранитов (69–72 %) и гравийно-песчаных смесей (60–64 %). Значительно меньше содержится SiO_2 в пыли при переработке известняка (7–14 %) и доломита (1–05 %).

Частицы пыли размером до 10 мкм оказывают наибольшее воздействие на организм человека, поскольку они легко проникают в легкие и задерживаются там в альвеолах. Чем меньше частицы, тем дольше они находятся в воздухе во взвешенном состоянии и тем легче при вдыхании вместе с воздухом проникают в органы дыхания.

Продолжительное действие пыли на органы дыхания способствует развитию профессиональных заболеваний, таких как пылевой бронхит, пневмокониозы, рак легких и др.

Минеральная пыль оказывает негативное воздействие не только на органы дыхания, но и на слизистые оболочки глаз, вызывая их раздражение и воспаление (конъюнктивит), а оседая на коже, пыль препятствует терморегуляции организма, что способствует развитию дерматитов и экзем.

На исследуемом щебеночном заводе много процессов выполняется вручную, поэтому минеральная пыль на организм рабочих воздействует в полной мере.

Для Курагинского щебеночного завода в борьбе с образованием и распространением АПФД рекомендуется организовать следующие технологические мероприятия:

- внедрение непрерывной технологии производства, при которой отсутствуют ручные операции;
- рационализация технологического процесса, обработка пылящих материалов во влажном состоянии;
- дистанционное управление.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) не должны использоваться более 1 часа, т. к. фильтрующий материал масок и респираторов достаточно быстро забивается и дальнейшее использование СИЗ бесполезно.

Уборка пыли в рабочих помещениях должна производиться ежесменно с помощью стационарных или передвижных пылесосных установок или путем смыва пыли водой, поддержания полов во влажном состоянии и т. д.

Помимо вредного воздействия пыли на Курагинском щебеночном заводе оборудование, используемое при непосредственном дроблении щебня, создает вибрацию и шум, показатели которых (в дБА) выше нормируемых.

Поскольку процесс дробления щебня не подразумевает прямого контакта с дробильно-сортировочным оборудованием, воздействие локальной вибрации на организм существенно ниже воздействия общей вибрации.

При длительном воздействии вибрации на организм человека возникает вибрационная болезнь, характеризующаяся изменением в сердечнососудистой системе, вегетативной и центральной нервной системе, обменных процессах и вестибулярном аппарате.

Снизить уровень вибрации на рабочих местах обслуживающего персонала можно устройством виброизоляции, позволяющей уменьшить величину вибрации на рабочих местах до величины ниже нормируемой.

Предупредить вибрационную болезнь помогают:

- правильная организация режима труда и отдыха рабочих, работающих даже в условиях минимальной вибрации;
- периодическое использование этих рабочих на выполнении операций, не связанных с воздействием вибрации.

При работе дробильно-сортировочного оборудования на заводе наблюдается повышение уровня звукового давления (более 80 дБА) выше установленного санитарными нормами. Длительное воздействие такого шума снижает слуховую чувствительность, вызывает сильное утомление и может привести к профессиональной тугоухости.

Интенсивный шум является причиной возникновения гипертонии, неврозов, язвенных болезней желудка, а также ряда других нарушений нервной системы человека.

Шум, распространяющийся по воздуху, можно существенно снизить, установив на пути его распространения звукоизолирующие кожухи, кабины, экраны и т. п. Благодаря звукоизоляции, большая часть падающей звуковой энергии отражается от ограждения.

Так как средства коллективной защиты не позволяют снизить уровень шума до допустимых значений, для защиты работников необходимо использовать дополнительные средства – СИЗ. К ним относятся противозумные наушники, которые эффективны на высоких частотах, и противозумные шлемы и каски, которые используются при высоких уровнях звукового давления.

Надежное крепление отдельных узлов оборудования к фундаментам и амортизаторам, а также своевременная замена изношенного оборудования, способствует снижению не только уровня шума, но и вибрации на рабочих местах.

Таким образом, при соблюдении вышеизложенных рекомендаций на Курагинском щебеночном заводе можно улучшить условия труда и снизить воздействия АПДФ, шума и вибрации до нормируемых параметров. Однако на данные мероприятия необходимо соответствующее финансирование, что является также немаловажной проблемой для нашей страны.

Список литературы:

1. Министерство труда и социальной защиты – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/salary/25> (Дата обращения: 4.07.2017).
2. Золотарева М.Ю., Малаян К.Р., Русак О.Н. Охрана труда: организация и управление: учеб. пособие. СПб.: Профессия, 2002. – 240 с.
3. Кукин П.П., Лапин В.Л., Пономарев Н.Л. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): учеб. пособие для вузов. М.: Высшая. школа, 2001. – 319 с.
4. Трушкова Е.А., Стасева Е.В., Волкова Н.Ю., Вредные факторы производственной среды. Часть I: учеб. пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014. – 103 с.
5. Трушкова Е.А., Стасева Е.В. Вредные факторы производственной среды. Часть 2: учебное пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2015. – 110 с.

6. Пушенко С.Л., Трушкова Е.А., Омельченко Ю.А. Организация мониторинга безопасности и условий труда в РФ // Строительство-2015: Современные проблемы строительства. Материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Союз строителей южного федерального округа, Ассоциация строителей Дона. 2015. – С. 107–108.
7. Трушкова Е.А., Канцыгов Б.Р. К вопросу о проблемах перехода к управлению профессиональными рисками // Строительство-2015: Современные проблемы строительства. Материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Союз строителей южного федерального округа, Ассоциация строителей Дона. 2015. – С. 87–88.
8. Трушкова Е.А., Токаева Н.Г. Оценка условий труда как элемента формирования профессионального риска работников машиностроительной отрасли // Сборник научных трудов: Актуальные направления инновационного развития животноводства и современные технологии производства продуктов питания. Материалы международной научно-практической конференции, 2016. – С. 392–396.
9. Трушкова Е.А., Волохов И.В. Анализ причины производственного травматизма в строительной отрасли // Сборник научных трудов: Актуальные направления инновационного развития животноводства и современные технологии производства продуктов питания. Материалы международной научно-практической конференции, 2016. – С. 383–388.
10. Omelchenko E.V., Trushkova E.A., Pushenko S.L., Sitnik S.V., Firsov V.A. Technique of an assessment of industrial safety of paint and varnish productions//IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2017– Vol. 66, Article number 012031. – P. 1–7.
11. Omelchenko E.V., Trushkova E.A., Sidelnikov M.V., Pushenko S.L., Staseva E.V. Algorithm research exposure dust emissions enterprises of building production on the environment // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2017– Vol. 50, Article number 012018. – P. 1–5.

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Трушкова Екатерина Алексеевна

*канд. техн. наук, доц.,
Академия строительства и архитектуры,
Донской государственный технический университет,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Шумилова Анна Сергеевна

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

ANALYSIS OF WORKING CONDITIONS OF WORKERS GALVANIC PRODUCTION

Ekaterina Trushkova

*candidate of Technical Sciences, associate professor,
Academy of construction and architecture, Don state technical university,
Russia, Rostov-on-Don*

Anna Shumilova

*student, Academy of construction and architecture,
Don state technical university,
Russia, Rostov-on-Don*

Аннотация. В статье затронуты основные проблемы охраны труда гальванических производств. Особое внимание уделено профессиональным заболеваниям работников, занятых в гальваническом производстве. А также разработаны мероприятия по улучшению, как условий труда, так и состояния здоровья рабочих.

Abstract. In article the main problems of labor protection of galvanic productions are touched. Special attention is paid to occupational diseases of the workers occupied in galvanic production. And also actions for improvement of both working conditions, and the state of health of workers are developed.

Ключевые слова: гальваническое производство, вредные вещества, электролит, профессиональные заболевания, мероприятия.

Keywords: galvanic production, harmful substances, electrolyte, occupational diseases, actions.

Гальваническое производство на сегодняшний день является одним из лидирующих по загрязнению воздуха рабочей среды. В гальваническом производстве применяются вещества, преобладающее количество которых являются вредными.

Под гальваническим производством понимается нанесение на поверхность металла тонкого слоя защитных, защитно-декоративных или функциональных электрохимических покрытий, и в свою очередь саму подготовку к покрытию, а также снятие некачественного покрытия для последующего его нанесения.

Гальваническое покрытие металла является замечательным способом защиты, увеличения срока службы и предотвращения всевозможных проблем различных устройств, оборудования и агрегатов. Но сам процесс нанесения этих покрытий такими методами как – хромирование и никелирование, в свою очередь, должны отвечать специальным производственным процессам и для этого требуется определенный квалифицированный персонал.

В научных публикациях [1–12] представлены результаты оценки отдельных факторов трудового процесса в гальваническом производстве.

Гальваника в настоящее время очень распространена в машиностроении. На примере производства машин, рассмотрим данные удельного веса работников, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда, по виду экономической деятельности в Российской Федерации в 2010–2015 гг., % (по данным Росстата) (табл. 1).

Таблица 1.

Динамика удельного веса работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, по видам экономической деятельности в Российской Федерации в 2010–2015 гг., % (по данным Росстата)

Виды экономической деятельности	Удельный вес работников, занятых в условиях, не отвечающих гигиеническим нормативам условий труда			Удельный вес работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда		
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Всего по Российской Федерации (в среднем)	29,0	30,5	31,8	32,2	39,7	39,1
Производство машин и оборудования	26,8	29,0	31,3	33,2	36,7	38,3

По данным из таблицы мы видим, что удельный вес работников с каждым годом возрастает. Это говорит о том, что условия труда работников не отвечают гигиеническим нормативам условий труда и следует разработать мероприятия по улучшению условий труда и защите здоровья работающих.

Наиболее распространенными профессиональными заболеваниями у работников цехов машиностроения являются: болезни органов дыхания 43 %, болезни системы кровообращения 25 %. Наиболее распространенной в этой группе является гипертоническая болезнь, возникающая у работников со средним возрастом 39 лет, стаж работы от 10 до 15 лет. Болезни костно-мышечного аппарата – 12,8 %. Среди них наибольшее распространение получили миозиты - 34 % и сколиоз - 25 %. Болезни мочеполовой системы - 8,6 %. В большей части преобладала - мочекаменная болезнь, зарегистрированная у 26 % рабочих.

Источником опасности в гальваническом производстве являются технологические процессы подготовки поверхности, приготовления растворов и электролитов и само нанесение покрытий. Процесс очистки поверхностей для последующего нанесения покрытия сопровождается повышенной запыленностью, шумом и вибрацией. При изготовлении покрытий используются растворы щелочей, кислот и солей, которые при воздействии на организм человека могут вызвать отравление и даже профзаболевание. Так же шлифование поверхности ручным виброинструментом может повлечь за собой виброболезнь.

При использовании ультразвуковых ванн очистки организм работающего подвергается звуковым и ультразвуковым колебаниям. Кроме того, применении промывных ванн сопровождается повышенной влажностью в помещении. Для нормальных условий труда работающих помещение должно быть обеспечено хорошим освещением, приточно-вытяжной вентиляцией и поддержанием нормальной температуры воздуха в цехе.

При процессе гальванического производства наиболее вредными и опасными веществами выступают:

1. Натр едкий (NaOH). При соприкосновении с кожей раствора или даже пыли, на ней появляются язвы, мягкие струпы и экземы. Очень опасно, даже если очень малое количество NaOH попадет в глаза. Последствием этого может даже стать слепота.

2. Сода кальцинированная (Na_2CO_3). При вдыхании этого вещества возникают изъязвления слизистой носа, раздражение дыхательных путей, конъюнктивит. Также длительная работа с содой может вызвать раздражение кожи и экземы. Концентрированный раствор Na_2CO_3 вызывает ожог, некроз, а в последующем помутнение роговицы. ПДК составляет – $2\text{мг}/\text{м}^3$.

3. Соляная кислота (HCl). Высокая концентрация соляной кислоты может повлечь за собой раздражение слизистых путей, помутнение роговицы, конъюнктивит, покалывание в груди, насморк, кашель, разрушение зубов, желудочно-кишечные расстройства, воспалительные заболевания кожи и др. В основном причиной отравления является туман соляной кислоты, образующийся при взаимодействии газа с водяными парами воздуха. ПДК – $5\text{мг}/\text{м}^3$.

4. Синильная кислота (HCN). Попадая в организм в основном через дыхательные пути, вызывает кислородное голодание тканей. При остром отравлении могут быть вызваны раздражения слизистых оболочек, усталость, головокружение, тошнота и даже рвота, а при хроническом – головная боль, утомляемость, низкое артериальное давление, снижение уровня сахара и др.

5. Аммиак (NH_3). Пары аммиака раздражительно действуют на слизистую оболочку глаз, органы дыхания и кожу, влечет за собой обильное слезотечение, боль в глазах, химический ожог конъюнктивы и роговицы и даже потерю зрения, приступы кашля, покраснение и зуд кожи. При контакте с кожей может чувствоваться жжение, возможен химический ожог с пузырями. ПДК – $20\text{мг}/\text{м}^3$.

Мероприятия по обеспечению безопасности процессов гальванического производства следующие:

1. Анализ опасных и вредных производственных факторов.
2. Вентиляция гальванического цеха.

В гальванических цехах применяются следующие системы вентиляции: вытяжные шкафы (оборудование устанавливается внутри); вытяжные зонты (колпаки) (устанавливаются над оборудованием); отсасывающие решетки (устанавливают на нерабочей стороне сбоку от оборудования); бортовые отсосы (устанавливают на уровне установок обработки поверхностей и верхнего края гальванических ванн). Схемы систем воздухоприемных устройств местных вытяжных систем в гальваническом производстве представлены на рисунке 1.

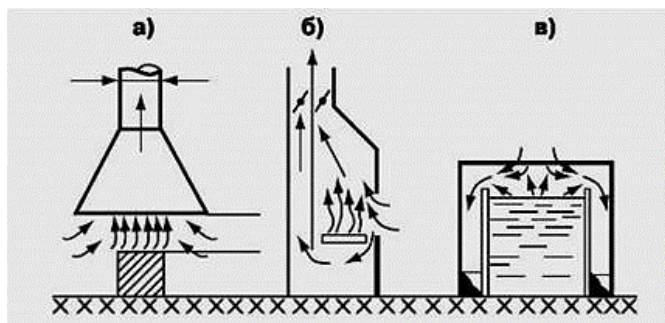


Рисунок 1. Воздухоприемные устройства местных вытяжных систем: вытяжной зонт (а); вытяжной шкаф (б); бортовой отсос (в)

3. Очистка сточных вод гальванического цеха.
4. Утилизация гальванических отходов.
5. Применение средств индивидуальной защиты (спецодежда из плотной кислотоупорной ткани; рукавицы или перчатки из стойкой резины; фильтрующие противогазы; герметичные защитные очки).

Выделение таких аэрозолей, как жидкостных, газообразных и пылевых в воздух рабочей зоны происходит на территориях гальванического производства. Самым неблагоприятным фактором гальванического производства выступает загрязнение наружного воздуха, как на территории самого предприятия, так и во внутренних помещениях за счет взаимодействия металлов со всевозможными ядовитыми парами и выбросами кислот.

Для предотвращения чрезвычайных ситуаций нужно спланировать и осуществить заранее проверку рабочего оборудования, газопроводов, кислотопроводов, воздухопроводов, систем безопасности и другого оборудования. В свою очередь, также осуществлять планово-предупредительные работы и регулярно соблюдать меры предосторожности и правила техники безопасности.

Список литературы:

1. Гальванотехника. Справочное издание. Ажогин Ф.Ф., Беленький М.А., Гальев Ч.В. и др. – М. «Металлургия», 1987 г.
2. Организация гальванического производства, Виноградов С.С., – М «Глобус» 2005 г.
3. Пушенко С.Л., Нихаева А.В., Омельченко Е.В., Пушенко А.С., Соколова Г.Н., Стасева Е.В., Трушкова Е.А., Филь Е.С. Безопасность жизнедеятельности. Часть 3 Безопасность производства работ (техника безопасности): Учебное пособие. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2015. – 184 с.
4. Пушенко С.Л., Трушкова Е.А., Омельченко Ю.А. Организация мониторинга безопасности и условий труда в РФ // Строительство-2015: Современные проблемы строительства. Материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Союз строителей южного федерального округа, Ассоциация строителей Дона. 2015. С. 107–108.
5. Справочник по гальванике. Каданер А.И. 1976 г.
6. Трушкова Е.А., Волкова Н.Ю. Разработка мероприятий по профилактике травматизма и профзаболеваний на ОАО «Роствертол» // Научное обозрение. – 2014. – № 10. – С. 550–553.
7. Трушкова Е.А., Горбаткова А.В., Вельченко А.А. Гигиеническая оценка условий труда гальваников / Сборник: Актуальные направления инновационного развития животноводства и современные технологии производства продуктов питания. Материалы международной научно-практической конференции, 2016. С. 306–309.
8. Трушкова Е.А. Исследование этапов методологии профессионального риска // Инженерный вестник Дона. – 2012. Т. 23. – № 4-2(23). – С. 173.
9. Трушкова Е.А., Канцыгов Б.Р. К вопросу о проблемах перехода к управлению профессиональными рисками // Строительство-2015: Современные проблемы строительства. Материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Союз строителей южного федерального округа, Ассоциация строителей Дона. 2015. С. 87–88.
10. Трушкова Е.А. Определение индивидуального профессионального риска на рабочих местах работников ОАО «Роствертол» // Научное обозрение. – 2014. – № 10-3. – С. 827–830.
11. Трушкова Е.А., Стасева Е.В., Волкова Н.Ю. Вредные факторы производственной среды. Часть I: учебное пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014 – 103 с.
12. Трушкова Е.А., Токаева Н.Г. Оценка условий труда как элемента формирования профессионального риска работников машиностроительной отрасли / Сборник: Актуальные направления инновационного развития животноводства и современные технологии производства продуктов питания. Материалы международной научно-практической конференции, 2016. С. 392–396.

1.2. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ ВИРТУАЛИЗАЦИИ И ОБЛАЧНЫЕ ПЛАТФОРМЫ В ОБУЧЕНИИ

Шевчук Михаил Валерьевич

*канд. физ.-мат. наук, доц.
Московский государственный областной университет,
РФ, г. Москва*

Градович Валентина Юрьевна

*магистрант,
Московский государственный областной университет,
РФ, г. Москва*

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы применения современных средств виртуализации как дополнительной возможности активизации мотивации обучающихся в образовательном процессе. Рассмотрены основные модели предоставления облачных сервисов и услуг; затрагиваются вопросы использования облачной платформы Microsoft Azure в сфере образования.

Ключевые слова: Облачная платформа Microsoft Azure, облачная служба, облачные сервисы, средства виртуализации.

Система отечественного образования с каждым годом все больше претерпевает значительные изменения, связанные с актуализацией, модернизацией и компьютеризацией всех областей современного образования. Модернизация профессиональной подготовки будущих учителей информатики определяется задачами, поставленными в Концепции модернизации российского образования до 2020 года, а также развитием педагогического образования и потребностями личности, общества и государства [2, с. 192; 4, с. 1-2]. Студенты, обучающиеся по направлению подготовки «Педагогическое образование» и имеющие профиль «Информатика», должны стать высококвалифицированными и конкурентоспособными специалистами на рынке труда, которые не только самостоятельно проходят процесс обучения инновационным технологиям и обладают знаниями в рамках своей дисциплины, но и имеют возможность оказать поддержку другим

педагогическим работникам. Главной же задачей является научить обучающихся использовать информационное пространство и средства ИКТ в учебном процессе.

Отсутствие у педагогического работника компетенций владения инновационными технологиями проявляется в ограниченности его профессиональных возможностей, оставляя его на шаг позади от развития современных тенденций в области образования [5, с. 2–4]. Современный педагог должен обладать навыками и умениями для взаимодействия с обучающимися в виртуальной образовательной среде и научить обучающихся использовать средства виртуальной среды с целью самообучения.

У педагогического работника главной задачей является умение заинтересовать обучающихся своим предметом. Для активной мобильной работы, а также полноценного взаимодействия педагог должен включить в учебный процесс новые методы обучения, способствующих работе как в группах, так и самостоятельно, при этом иметь возможность находиться на большом расстоянии друг от друга. Правильно спроектированная виртуальная образовательная среда на основе облачных технологий должна удовлетворять потребностям обучающихся в успешной социальной адаптации и профессиональном становлении [1, с. 150].

Облачные технологии по своей сущности строятся на виртуальной инфраструктуре [5]. На данный момент современными и наиболее используемыми моделями представления облачных сервисов и услуг являются IaaS, SaaS, PaaS. Для возможности работы с облачными услугами и сервисами важно наличие бесперебойного доступа к сети Интернет.

Инфраструктура в облаке - IaaS, или инфраструктура как услуга – представляет собой современную модель обработки данных на основе облачных технологий, позволяющую удаленно создавать собственную вычислительную инфраструктуру. Данная услуга подразумевает выделение только определенного количества ресурсов, которое необходимо пользователю в данный момент. Благодаря использованию инфраструктуры IaaS увеличивается производительность предоставляемых систем, уменьшаются денежные расходы на поддержку и обслуживание виртуальных машин в «облаке».

Платформа PaaS (платформа как сервис) предоставляет средства и инструменты для разработки и среду исполнения программного кода и запуска облачных приложений. Такая инфраструктура в большей степени направлена на разработчиков для создания и развертывания веб-приложений и обеспечения бесперебойного доступа к ним. PaaS гарантирует надежность и безопасность платформы.

На сегодняшний день функциональные возможности облачных платформ и технологии виртуализации широко используются при организации и построении процесса обучения. Эту популярность легко объяснить. Крупные компании по разработке прикладного программного обеспечения регулярно выпускают все более новые и расширенные версии своих программных продуктов. При этом для обучения высококвалифицированного и конкурентоспособного специалиста в области информационных и коммуникационных технологий подразумевается использование при обучении программного обеспечения самых последних версий. Чтобы успешно реализовать данную возможность, педагогу на помощь приходят облачные платформы и виртуальные системы. Данные сервисы позволяют обучающемуся использовать при обучении большое многообразие современного программного обеспечения для различных платформ.

Используя виртуальные машины в среде облачных платформ, обучающийся имеет возможность для изучения всего пути от установки и настройки прикладного программного обеспечения до его практического применения для решения реальных задач. В процессе установки обучающийся имеет возможность всесторонне изучить каждый этап работы, задать возникшие вопросы преподавателю и при этом получить своевременные и грамотные пояснения, что позволит в будущем применить приобретенные знания и навыки в похожей ситуации.

Компания Microsoft разработала и представила облачную платформу Microsoft Azure [3], основанную на технологии виртуализации - масштабируемую, отказоустойчивую платформу для вычисления, управления и хранения приложений и данных в виде сервисов.

Microsoft Azure в образовании – новая разработка от компании Microsoft, предоставляющая возможность внедрения данной инновационной технологии в образовательный процесс. Облачные технологии от Microsoft позволяют разрабатывать приложения на серверах и хранить их. Однако для создания приложений необходимо, получив учетную запись, подключиться к облачной платформе Microsoft Azure, и только после этого перейти к работе с системой.

Главной особенностью платформы принято считать разделение объема ресурсов приложения и его инфраструктуры. Разработчик приложения, в нашем случае это обучающийся, определяет необходимый объем ресурсов для создания приложения, а все вычисления и прочие действия по управлению и распределению выполняются на

серверной стороне, т. е. стороне создателей этой среды. Это облегчает процесс создания приложения обучающему, т. е. не загромождая его сложными процессами.

Теперь образовательным организациям нет необходимости покупать программное обеспечение и производить его локальную установку, необходимо только подключение к сети Интернет и наличие доступа к облачной платформе. В основном использование услуг Microsoft Azure условно-бесплатно или платно, но имеется возможность получения бесплатного доступа для образовательных целей без ограничений. Так преподаватели получают пять месяцев бесплатного доступа, а обучающиеся только три месяца.

Использование облачных платформ и технологии виртуализации в обучении позволяет значительно упростить доступ обучающимся к самым современным разработкам в области программного обеспечения и получить доступ к самым современным аппаратным платформам, не имея на стороне пользователя значительных аппаратных систем и ресурсов.

Список литературы:

1. Ардеев А.Х. Образовательная информационная среда как средство повышения эффективности обучения в университете: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01 / А.Х. Ардеев. – Ставрополь: СГУ, 2004. – 150 с.
2. Захарова И.Г. Информационные технологии в образовании: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 192 с.
3. Официальный сайт облачной платформы Microsoft Azure – [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <http://azure.microsoft.com/ru-ru>.
4. Сурхаев М.А., Ниматулаев М.М., Магомедов Р.М. Модернизация системы подготовки будущих учителей в условиях информационно-образовательной среды // Информатика в образовании – 2016. – С. 1–2.
5. Ташкинов А., Лалетин В., Столбова И. Формирование общих и профессиональных компетенций при инновационных технологиях обучения // Высшее образование в России – 2007. – С. 2–4.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНЕРЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ КАК ЧАСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

Ковалева Мария Александровна

*канд. техн. наук, доц. СКГМИ (ГТУ),
РФ, г. Владикавказ*

Бузаров Мурат Мухарбекович

*директор инженерингового центра «Информационные технологии»,
РФ, г. Владикавказ*

Волошин Сергей Борисович

*канд. техн. наук,
НИИП «СКГМИ (ГТУ) «Экспертно-аналитические системы»,
РФ, г. Владикавказ*

Галушкина Евгения Юрьевна

*канд. техн. наук, доц. СКГМИ (ГТУ),
РФ, г. Владикавказ*

ENGINEERING AND DEVELOPMENT OF AN INERTIAL NAVIGATION SYSTEM AS PART OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR AN UNMANNED AERIAL VEHICLES

Maria Kovaleva

*candidate of Science, associate Professor NCIMM (STU),
Russia, Vladikavkaz*

Murat Buzarov

*chief of Engineering center “Information technologies”, NCIMM (STU),
Russia, Vladikavkaz*

Sergey Voloshin

*candidate of Science, NCIMM (STU) “Expasys SIE” LLC,
Russia, Vladikavkaz*

Evgenia Galushkina

*candidate of Science, associate Professor NCIMM (STU),
Russia, Vladikavkaz*

Аннотация. В статье рассматривается проблема полета беспилотных летательных аппаратов в малоизученном районе, где существуют риски потери сигнала от спутниковой системы навигации и автопилота.

Abstract. This article considers the problem of flights of unmanned aerial vehicles in the low-studied district where there is a risk of loss of a signal from the satellite navigation system and flight control panel.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты; мониторинг; навигационные системы.

Keywords: unmanned aerial vehicle; monitoring; navigation system.

Малогабаритные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) в качестве инструмента для аэрофотосъемки и видеонаблюдения в последнее время все чаще применяются в связи с несовершенством базовых способов получения данных с помощью космических снимков и аэрофотосъемки (с борта самолета).

Такие БПЛА удобно доставлять до места съемок, экономны в применении. Однако, полученные такими аппаратами аэроснимки обладают хорошей детальностью, яркостью и контрастом, но имеют низкое фотограмметрическое качество, для применения традиционных фотограмметрических пакетов [4]. Инжиниринговый центр «Информационные технологии» работает в направлении мониторинга геологических объектов, экотроп в горной местности с помощью БПЛА, с этой целью необходимо на борту БПЛА иметь стабилизированную платформу управления и навигации, создающую необходимые условия для получения высокого качества аэрофотографирования.

Навигационный приборный комплекс является источником данных информационно-измерительных сигналов о местоположении, ориентации, скорости и других параметрах движения являются [4].

Авторами проводились полевые работы на территории Республики Северная Осетия-Алания с использованием мультироторного БПЛА для решения следующих задач: мониторинг туристических троп, мониторинг и обнаружения обвалов, селей, рисунок 1 и рисунок 2.



Рисунок 1. Цейский ледник

Применение БПЛА в горных условиях затрудняется ввиду их чувствительности к природным явлениям, затрудняющим либо делающим выполнение полета невозможным – любое внешнее возмущение (порыв ветра, восходящий поток или воздушная яма) опасно потерей ориентации летательного аппарата и аварией. Кроме того, БПЛА мультироторного типа имеют значительно меньшее время полета по сравнению с аппаратами самолетного типа, однако использование последних в горных условиях затруднено, поскольку при полете на низких высотах их маневренность сильно ограничена рельефом. Также резко возрастает актуальность задачи навигации на местности с ограниченным прохождением спутникового сигнала [5]. При реальном использовании современного БПЛА, в первую очередь, необходимо обеспечить его полет в условиях разнообразных ограничений.



Рисунок 2. «Язык» Цейского ледника

Одной из главных целей при разработке систем управления БПЛА является повышение точности и достоверности формирования параметров ориентации и навигации. В настоящее время основными системами навигации БПЛА являются инерциальная система навигации и спутниковая.

Для определения координат во время полета современные БПЛА используют спутниковые навигационные (СН) приёмники (GPS или ГЛОНАСС) совместно с инерциальной системой (ИС) (углы ориентации и перегрузки определяются с использованием гироскопов и акселерометров) [4]. Географические координаты БПЛА необходимы для совершения полета по заданному маршруту или для возвращения на базу. Разработкой и исследованием комплексированных инерциально-спутниковых систем навигации в мире занимается большое количество научно-производственных организаций [4]. Но такое решение не является устойчивым к внешним воздействиям и чувствительно к условиям полета, как правило, работоспособно только при полете в стабильной атмосфере.

С 30-х годов XX века разработкой инерциальной навигации занимались российские ученые Б.В. Булгаков, А.Ю. Ишлинский, Е.Б. Левенталь, Г.О. Фридлендер, немецкий ученый М. Шулер и американский ученый Ч. Дрейпер [4].

Задача навигации заключается в взаимосвязанных функциях:

- навигация – определение координат объекта;
- ориентация – определение углов ориентации, угловых скоростей;
- управление подвижным объектом по заданной траектории.

Инерциальные системы в настоящее время находят широкое применение для навигации летательных аппаратов. Из всех навигационных систем ИНС являются единственными, которые наилучшим образом удовлетворяют целому комплексу важных требований, таких как универсальность, полная автономность, помехозащищенность и помехоустойчивость.

Инерциальные системы навигации представляют собой инерциальные системы счисления пути. Методам определения пути свойственен общий недостаток – погрешности растут пропорционально времени.

Выделяют следующие погрешности [4]:

1. Погрешность начальной выставки. Эта погрешность возникает вследствие рассогласования связанной системы координат и той базовой системы координат, по направлению осей которой мы хотим ее ориентировать.

2. Погрешность акселерометров. Выходная погрешность акселерометра является входной погрешностью для инерциальной системы в целом.

3. Погрешность гироскопов.

4. Погрешность вычислительных устройств. На современном этапе развития вычислительной техники можно считать, что вычислительные устройства не влияют на точность измерения.

Указанные выше входных погрешностей приводит к возникновению выходных погрешностей инерциальной системы навигации:

- погрешность ориентации;
- погрешность определения проекций путевой скорости на оси выбранной системы координат;
- погрешность определения координаты местоположения.

Поэтому необходимо разработать метод компенсации погрешностей автономной ИС и по возможности остаточных погрешностей после компенсации с помощью известных алгоритмов. Оценить ошибки в измерении этих параметров возможно с помощью алгоритмов оценивания, например фильтр Калмана.

Для уменьшения финансовых затрат БПЛА необходимо многократно использовать. С целью гарантированного выполнения поставленных задач на борту аппарата необходимо установить комплекс технических средств, включающий ИС, СН, видео приемник.

Авторами предлагается реализовать навигационный алгоритм с применением известных алгоритмов Калмановской фильтрации, Язвинского и адаптивные модификации алгоритмов оценивания. Однако, Калмановская фильтрация - это только вспомогательный математический аппарат, а не решение задачи. При помощи фильтра

Калмана осуществляется восстановление вектора состояния системы и подавляется влияние измерительного шума. Адаптивный фильтр Калмана с минимальной ошибкой позволяет произвести фильтрацию по сравнению с обычным скалярным алгоритмом фильтрации. Поэтому невозможно создать робастную устойчивую систему, просто перенося на платформу математический аппарат. Требуется тонкая и точная настройка на конкретное приложение и определенные задачи.

Управление видеочамерой также является важной функцией БПЛА. В полете стабилизация камеры обеспечивается обработкой колебаний БПЛА по крену, данным автопилота и ИС. Все эти мероприятия в комплексе обеспечивают стабильность картинки видео изображения, несмотря на колебания аппарата по крену. А в задачах аэрофотосъемки актуальная информация об углах ориентации, координатах и высоте БПЛА необходима для коррекции аэрофото-снимков, и последующей автоматизации сшивки кадров [1].

Современный подход по улучшению характеристик автономной инерциальной навигационной системы заключается в создании на их базе комплексной навигационной системы, в которой сигналы инерциальной, спутниковой (GPS, ГЛОНАСС, BEIDOU и т.п.), видеопоток обрабатываются совместно. Заданная высота полета сохраняется ИС, которая вырабатывает комплексированное решение по данным GPS, барометрического высотомера и инерциальных датчиков, видеопотоку.

Для решения задач управления полетом, наблюдения поверхности в реальном времени, цифрового фотографирования выбранных участков местности, включая труднодоступные участки, определения координат исследуемых участков местности, а также для накопления информации с последующей ее передачей потребителю, повышение возможности автономного полета БПЛА в горной местности, в дальнейшем предлагается разработать ряд технических решений, направленных на повышение точности навигации, увеличение дальности передачи информации [1; 3; 5].

Применение комплексной навигации позволит получать информацию о рельефе местности и координатах БПЛА для ориентирования в пространстве и определения относительных перемещений при недостаточной достоверности спутниковой навигационной системы, а также в некоторой мере компенсировать дрейф инерциальной системы навигации.

Список литературы:

1. Салычев О.С. Автопилот БПЛА с инерциальной интегрированной системой – основа безопасной эксплуатации беспилотных комплексов. http://teknol.ru/trash/uav_autopilot_salychev_2602182965.pdf (Дата обращения 11.07.2017).
2. Селиванова Л.М., Шевцова Е.В. Инерциальные навигационные системы: учеб. пособие. – Ч. 1: Одноканальные инерциальные навигационные системы. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 46 с.
3. Степанов Д.Н. Обработка и анализ последовательностей видеоизображений в задаче навигации беспилотных летательных аппаратов: дис. ... канд. техн. наук. Институт программных систем им. А.К. Айламазяна РАН, Переславль-Залесский, 2016. – 162 с.
4. Тань Лиго. Планирование маршрута полёта беспилотного летательного аппарата на основе метода частично-целочисленного линейного программирования: дис. ... канд. техн. наук. Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Москва, 2016 г. – 186 с.
5. Voloshin S.B., Buzarov M.M., Shevrikuko U.F. The development of complex navigation system of the unmanned aerial vehicle for operation in the conditions of mountain territories // 2-nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing. – 2017. – P. 1–4.

**АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ И УСТРАНЕНИЯ
ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЯ ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ
СО СВОЙСТВАМИ ПЕРСИСТЕНТНОСТИ
И НЕПОДЧИНЕНИЯ НОРМАЛЬНОМУ ЗАКОНУ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

Петренко Вячеслав Иванович

*канд. техн. наук, доц.,
Северо-Кавказский федеральный университет, СКФУ,
РФ, г. Ставрополь*

Сидорчук Алеся Вячеславна

*аспирант, Северо-Кавказский федеральный университет, СКФУ,
РФ, г. Ставрополь*

**THE ALGORITHM FOR DETECTING AND ELIMINATING
MEASUREMENT ERRORS IN TIME SERIES WITH
PERSISTENCE AND NON-OBEYING THE LAW
OF NORMAL DISTRIBUTION**

Viacheslav Petrenko

*candidate of technical sciences, associate professor,
North Caucasus Federal University, SKFU,
Russia, Stavropol*

Alesya Sidorchuk

*graduate student, North Caucasus Federal University, SKFU,
Russia, Stavropol*

Аннотация. В предлагаемом алгоритме ошибка измерения во временном ряде влечет за собой потерю такого внутреннего свойства, как персистентность значений. Для устранения ошибок измерения в методе предлагается заменить его на спрогнозированную величину с помощью адаптации уточненного метода Брауна. Алгоритм применим для временных рядов быстропротекающих процессов, распределение которых не подчиняется нормальному закону.

Abstract. In the proposed algorithm, the measurement error in the time series entails the loss of such an intrinsic property as the persistence

of the values. To eliminate measurement errors in the method, it is proposed to replace it with the predicted value by adapting the refined Brown method. The algorithm is applicable to time series of fast processes, the distribution of which does not obey the normal law.

Ключевые слова: временной ряд; ошибка измерения; персистентность, неподчинение нормальному закону распределения; показатель Херста; прогнозирование; уточненный метод Брауна

Keywords: Time series; measurement error; persistence, non-compliance with the normal distribution law; Hurst rate; forecasting; refined method of Brown.

Своевременное выявление и устранение ошибок измерения во временных рядах наблюдаемых процессов является актуальной проблемой практически всех систем ситуационного управления [12]. Ошибочные значения временного ряда оказывают существенное влияние на основные характеристики временного ряда. Ошибочные значения наблюдений могут возникнуть по техническим причинам: ошибки при агрегировании и дезагрегировании показателей, при передаче информации и др. [11].

В настоящей работе предлагается алгоритм обнаружения и устранения ошибок измерения во временных рядах со свойствами персистентности [2; 7; 8] и неподчинения закону нормального распределения [9]. Свойство персистентности означает наличие долговременной коррелированности настоящих и предыдущих значений временного ряда. Не подчинение закону нормального распределения происходит из-за стремительного развития многих наблюдаемых процессов.

Предлагаемый алгоритм обнаружения и устранения ошибок измерения во временных рядах со свойствами персистентности и неподчинения закону нормального распределения состоит из 4 этапов:

- 1) проверка временного ряда на подчинение/неподчинение закону нормального распределения;
- 2) проверка временного ряда на наличие или отсутствие персистентности;
- 3) обнаружение ошибочных значений;
- 4) устранение ошибочных значений.

На этапе 1 для проверки временного ряда на подчинение/неподчинение закону нормального распределения предлагается воспользоваться тестом Шапиро-Уилка [1]. Тест Шапиро-Уилка применим при $8 \leq n \leq 50$ и основан на упорядоченных наблюдениях. Процедура проверки следующая: выдвигается нулевая гипотеза о нормальном распределении генеральной совокупности. Значения

временного ряда $Z = \langle z_i \rangle$ необходимо упорядочить по возрастанию $Z^* = \langle z_1^*, z_2^*, \dots, z_n^* \rangle$, где $z_1^* \leq z_2^* \leq \dots \leq z_n^*$. Вычисляется промежуточная сумма S по формуле $S = \sum_{k=1}^m a_k (x_{n+1-k} - x_k)$, где $m = n/2$, если n четно, и $m = (n-1)/2$, если n нечетно; a_k – специальные табличные коэффициенты [1]. Рассчитывается наблюдаемое значение критерия Шапиро-Уилка $W_{calc} = S^2 / (nm_2)$, где $nm_2 = \sum (z_i^* - \bar{z}^*)^2$, n – объем выборки, m_2 – выборочный центральный момент второго порядка. Наблюдаемое значение W_{calc} сравнивается с критическим значением W_{crit} , которое находится по таблице критических точек критерия Шапиро-Уилка в зависимости от объема выборки и уровня значимости. Если $W_{calc} \geq W_{crit}$, то нулевая гипотеза о нормальном распределении результатов принимается; при $W_{calc} < W_{crit}$ она отвергается.

На этапе 2 для проверки временного ряда на наличие или отсутствие персистентности предлагается проводить анализ значений показателя Херста вдоль временного ряда. Рассчитать значения показателя Херста можно по методу нормированного размаха [2, 7], идея которого состоит в следующем. Для временного ряда Z рассматриваются начальные отрезки $Z_\tau = z_1, z_2, \dots, z_\tau, \tau = 3, 4, \dots, n$.

Для каждого начального отрезка нужно вычислить текущие средние $\bar{z}_\tau = \frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^{\tau} z_i$. Далее, вычислить накопленные отклонения

$Z_{\tau,t} = \sum_{i=2}^{\tau} (z_i - \bar{z}_\tau)$ и размах $R = R(\tau) = \max_{1 \leq t \leq \tau} Z_{\tau,t} - \min_{1 \leq t \leq \tau} Z_{\tau,t}$. Нормированный размах представляет собой безразмерную величину и находится

по формуле $\frac{R(\tau)}{S(\tau)} = \frac{R(\tau)}{\frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^{\tau} (z_i - \bar{z}_\tau)^2}$. Херстом введено эмпирические

соотношение $\frac{R(\tau)}{S(\tau)} \approx (a\tau)^H$, где H – показатель Херста, $S(\tau)$ – среднее

квадратичное отклонение внутри начального отрезка τ . Для вывода показателя Херста H следует прологарифмировать обе части

выражения $\frac{R(\tau)}{S(\tau)} \approx (a\tau)^H : \log \left(\frac{R(\tau)}{S(\tau)} \right) = H \cdot \log(a\tau)$, где $a = const$.

В результате получим формулу показателя Херста

$$H(\tau) = \log \left(\frac{R(\tau)}{S(\tau)} \right) / \log(a\tau). \text{ В [2] рекомендовано } \log \text{ брать по}$$

основанию 10, а константе a присвоить значение 0,5. В результате имеем формулу расчета показателя Херста для каждого начального

$$\text{отрезка } \tau = 3, 4, \dots, n: H(\tau) = \frac{\lg(R(\tau)/S(\tau))}{\lg(0,5\tau)}. \text{ Для ответа на вопрос,}$$

является ли временной ряд персистентным, рекомендуется получить

$$\tilde{H}(\tau) = \frac{1}{\tau - 2} \sum_{i=3}^{\tau} H(i)$$

усредненное значение показателя Херста

$\tilde{H}(\tau) \geq 0,6$, то временной ряд персистентен, в противном случае неперсистентен.

На этапе 3 для обнаружения ошибочных значений предлагается сформировать H -траекторию из вычисленных значений показателя Херста $H(\tau)$, $\tau = 3, 4, \dots, n$. Точка z_k^* временного ряда $Z = \langle z_i \rangle$ будет считаться ошибочным значением, если, начиная с нее H -траектория уходит из области персистентности и больше не возвращается, т. е.

$$H(\tau) \leq 0,6, \tau = \overline{k, n}.$$

На этапе 4 устранение ошибочных значений предлагается осуществлять путем их замены на прогнозные величины. Для прогнозирования ошибочного значения предлагается использовать адаптацию уточненного метода Брауна [10]. Классический метод Брауна имеет расчетную формулу

$$\hat{z}_i = \alpha \cdot z_{i-1} + (1-\alpha) \cdot z_{i-2},$$

где: α – коэффициент сглаживания из интервала $[0,1]$. Этот коэффициент следует выбирать так, чтобы относительные отклонения прогнозных величин от фактических значений были минимальны

$$\delta_i = \frac{|\hat{z}_i - z_i|}{z_i} \rightarrow \min. \text{ В уточненном методе Брауна коэффициент}$$

сглаживания α находится в интервале $[1,2]$ и рассчитывается по

формуле $\alpha^* = 2 - \tilde{H}$. После подстановки коэффициента α^* в формулу (3), имеем расчетную формулу уточненного метода Брауна

$$\hat{z}_i = (2 - \tilde{H}) \cdot z_{i-1} + (\tilde{H} - 1) \cdot z_{i-2}, \text{ где } \tilde{H} \text{ – усредненное значение}$$

показателя Херста. Адаптация уточненного метода Брауна состоит в следующем: для получения прогноза ошибочного значения z_k^* следует брать не усредненную величину показателя Херста $\hat{H}(\tau)$, а отдельные значения показателя Херста в точках z_{k-1} и z_{k-2} : $H(z_{k-1})$ и $H(z_{k-2})$. Прогноз ошибочного значения в этом случае можно осуществить по формуле $\hat{z}_k^* = (2 - H_{k-1}) \cdot z_{k-1} + (H_{k-2} - 1) \cdot z_{k-2}$. При замене ошибочного значения на прогнозируемую величину получаем новый временной ряд $\hat{Z} = \langle z_1, \dots, \hat{z}_k^*, \dots, z_n \rangle$. Если во временном ряде имеется несколько подозрительных ошибочных значений, то следует применять предлагаемый метод несколько раз. Начинать необходимо с наиболее ранее встречающегося подозрительного значения, после его подтверждения и устранения нужно перейти к следующему и т. д. до конца временного ряда.

Предлагаемый алгоритм позволит своевременно обнаруживать и устранять ошибки измерения во временных рядах наблюдаемых процессов в системах ситуационного управления. Технически реализовать этот алгоритм можно в модуле предварительной обработки данных с использованием предложенных в работах [6; 3; 4; 5] вычислительных устройств сумматоров, инверторов, умножителей, мультиплексора.

Список литературы:

1. ГОСТ Р ИСО 5479-2002. Статистические методы. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения. Дата введения 07.01.2002 г.
2. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка. – М.: Мир, 2000. – 333 с.
3. Петренко В.И. Устройство для формирования остатка по произвольному модулю от числа // Патент России № 1396281. 1986.
4. Петренко В.И., Чипига А.Ф. Умножитель на два по модулю // Патент России № 2015537. 1991.
5. Петренко В.И., Чипига А.Ф. Комбинационный рекуррентный формирователь остатков // Патент России № 2029435. 1992.
6. Сныткин И.И., Петренко В.И. Устройство для формирования остатка по произвольному модулю от числа // Патент России № 1105895. 1983.
7. Тебуева Ф.Б. Два подхода к реализации фрактального анализа временных рядов // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. – 2007. – № 52-2. – С. 105–112.

8. Тебуева Ф.Б. Математические модели и методы для задач многокритериального выбора на графах в условиях недетерминированности исходных данных: Автореф. дис. докт. физ.-мат. наук. – Ставрополь, 2013. – 35 с.
9. Федоткин М.А. Основы прикладной теории вероятностей и статистики. – М.: Высшая школа, 2006. – 368 с.
10. Kopytov V.V., Petrenko V.I., Tebueva F.B., Streblianskaia N.V. An improved brown's method applying fractal dimension to forecast the load in a computing cluster for short time series // Indian Journal of Science and Technology. – 2016. – Т. 9 – № 19. – С. 93909.
11. Mohammad Reza Maleki, Amirhossein Amiri, Philippe Castagliola. Measurement errors in statistical process monitoring: A literature review // Computers & Industrial Engineering. – Volume 103. – 2017. – P. 316–329.
12. Oscar Marcelo Zambrano, Ana Maria Zambrano, Manuel Esteve, Carlos Palau. An Innovative and Economic Management of Earthquakes: Early Warnings and Situational Awareness in Real Time // Wireless Public Safety Networks 3. Applications and Uses. – 2017. – P. 19–38.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ НА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ С ПОМОЩЬЮ АНСАМБЛЯ РЕШАЮЩИХ ДЕРЕВЬЕВ

Завада Светлана Григорьевна

*магистрант, Уральский федеральный университет,
РФ, г. Екатеринбург*

AUTOMATIC DETECTION OF TIMBER ON DIGITAL IMAGES WITH DECISION TREES AND ENSEMBLE LEARNING

Svetlana Zavada

*graduate student, Ural Federal University,
Russia, Ekaterinburg*

Аннотация. В статье рассматривается задача автоматического обнаружения торцов круглых лесоматериалов на изображениях. В работе делается обзор существующих методов по данной тематике и предлагается алгоритм детектирования, развивающий ранее

предложенный подход на основе гистограммы направленных градиентов, использующий в качестве классификатора алгоритм обучения случайных решающих деревьев. Приведены результаты исследования и настройки предложенного детектора.

Abstract. The paper discusses the problem of detection of piled logs based on digital image processing. This task is a very important in woodworking industry. This paper gives a survey of existing methods, shows highs and lows of these approaches, and presents a new algorithm which extends previously proposed method based on the histogram of oriented gradients and random decision forests classifier. To assess quality of recognition, paper gives the results of the research of the detector.

Ключевые слова: машинное обучение, лесоматериалы, гистограмма направленных градиентов, изображение

Keywords: machine learning, round wood, histogram of oriented gradients, image.

Автоматизация учета сырья и готовой продукции является важной задачей в самых различных областях промышленности и имеет большое значение для формирования полной и достоверной информации о наличии, движении и сохранности производственных запасов на любом предприятии. Особенно актуальна эта задача в лесозаготовительной и деревообрабатывающей отрасли, где одной из важнейших технологических операций по учету является измерение геометрических характеристик лесо- и пиломатериалов. В настоящее время разработано достаточно большое количество методов учета круглых лесоматериалов. При этом наиболее распространены ручные методы измерений, когда операции контроля выполняет непосредственно человек. Особенностью такого подхода является высокая трудоемкость и значительная погрешность измерения объемов – более 15 % [4], что приводит к занижению или завышению реального объема продукции, недочетам при расчетах между поставщиками и покупателями леса, и как следствие к экономическим убыткам предприятий. Всех этих недостатков могут быть лишены бесконтактные методы измерения на основе технического зрения, когда положение, форма и размеры срезов определяются специализированным программным обеспечением по их фотоизображениям, и при известной номинальной длине бревен в соответствии с принятой моделью (усеченного конуса или цилиндра) вычисляется объем. Существующие системы оценки качественных и количественных характеристик круглых лесоматериалов на изображениях сталкиваются

с множеством проблем: перекрытиями срезов стволов, деформацией формы, малым размером бревен на изображениях, низким качеством входных данных и различными условиями съемки. В связи с этим точные методы оценки круглого леса, которые можно было бы применять практически, в настоящее время отсутствуют. Большинство систем построено на основе распознавания объектов, что позволяет учитывать отдельные бревна в штабеле. Однако из этого свойства следует и недостаток данных методов – их эффективность зависит от того, насколько надежно удастся детектировать каждое наблюдаемое бревно. В силу указанных ранее проблем такие ограничения надежности пока не удается преодолеть полностью, поэтому в большинстве подобных систем помимо автоматического обнаружения предусмотрен ручной режим редактирования результатов измерения [1; 2]. Альтернативным подходом является определение объема штабеля исходя из процента заполненного бревнами пространства на изображении, с учетом геометрического размера данной области и оценки количества бревен, которое может поместиться на данном участке изображения [6]. Алгоритмы, основанные на таком подходе, не обеспечивают локализации отдельных объектов и применимы лишь для определения складочного объема штабеля по правилу «полного ящика» с учетом коэффициента полндревесности.

В данной работе рассматривается подход, основанный на машинном обучении. Для этого предлагается применить метод из статьи [7]. В указанной работе реализован классический HOG-детектор, использующий в качестве классификатора метод опорных векторов (англ. SVM – support vector machine). В данной работе используется алгоритм обучения случайных решающих деревьев (англ. Random Forest) [5]. Для оценивания его обобщающей способности используется k -блочная кросс-проверка [9]. Данный метод дает несмещенную оценку вероятности ошибки, а значит, позволяет обнаружить переобучение классификатора. В качестве обучающей выборки в работе используются изображения штабелей бревен из набора HAWKwood [8]. Для экспериментов используются 18406 изображений с 9476 «положительными» снимками бревен и 8930 изображений с «отрицательными» образцами.

В первом эксперименте были рассмотрены несколько вариантов построения детекторов в зависимости от масштаба обучающей выборки. В общей сложности, модели были обучены и протестированы с 9 наборами масштабированных версий одних и тех же изображений. Для каждого набора рассчитывались показатели (полнота, точность и F -метрика), зависящие от коэффициента

заполнения, который равен отношению площади ограничивающего прямоугольника бревна к площади изображения (рис. 1а).

Из результатов первого эксперимента было установлено, что масштаб изображений, на котором достигается максимум полноты и точности классификатора, соответствует размеру области изображения бревна с коэффициентом заполнения 35 % (рис. 1б).

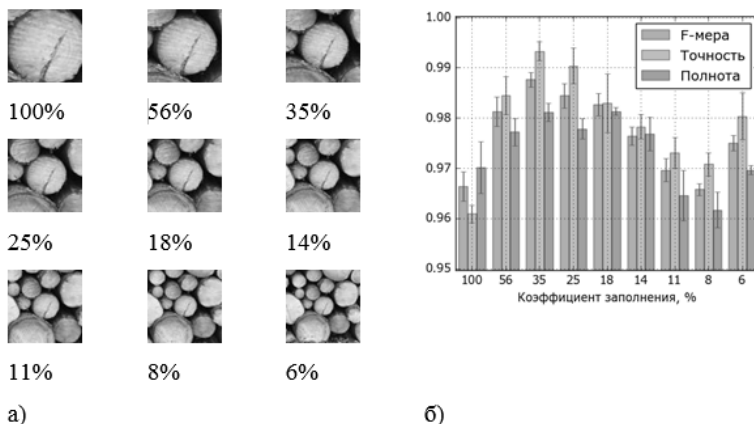


Рисунок 1. Оценка детекторов бревен а) изображения бревен при различных масштабах б) метрики качества

В рамках второго эксперимента были исследованы результаты работы классификаторов, обученных на шести различных наборах HOG-дескрипторов. Визуализация качества работы классификаторов представлена кривыми компромиссного определения ошибки (англ. DET – detection error trade-off). Анализ кривых рисунка 2 показывает, что наиболее близко к началу системы координат (левому нижнему углу) расположены точки, соответствующие дескриптору с 9 каналами гистограммы и размером окна 64 пикселя (HOG64-9).

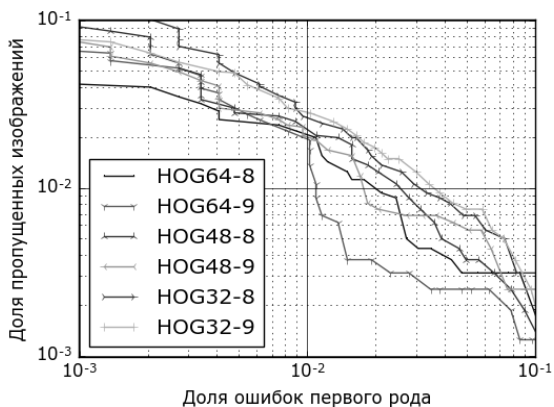


Рисунок 2. Кривые компромиссного определения ошибки

Это означает, что классификатор с таким дескриптором обладает наилучшей предсказательной способностью. Такой классификатор способен обнаруживать бревна с вероятностью 99,3 % при уровне ложного срабатывания 1,1 %.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности применения описанной разработки в качестве элемента системы автоматического учета лесоматериалов. Вместе с тем в работе удалось существенно улучшить предложенный алгоритм по сравнению с работой [3] за счет настройки детектора, когда эмпирическим путем был подобран характеристический размер бревен, на котором достигается максимум полноты и точности распознавания (рис. 1). Иллюстрация работы детектора приведена на рисунке 3.



Рисунок 3. Детектирование бревен из набора KAWKwood

Дальнейшее развитие исследований, представленных в работе, будет связано с построением эффективных алгоритмов оконтуривания объектов интереса и пиксельной сегментации бревен.

Список литературы:

1. Жеребин А.М., Воскобойников И.В., Щелоков В.М. Анализ применимости оптических методов измерений для автоматизированного учета круглых лесоматериалов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2012. № 8 (91). С. 19–22.
2. Круглов А.В., Югфельд И.Д. Реализация интерактивной сегментации для сенсорных устройств на базе ОС Android // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 2-2. – С. 229–234.
3. Чирышев Ю.В., Атаманова А.С. Распознавание круглых лесоматериалов с помощью случайных решающих деревьев и гистограммы направленных градиентов // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 1. – С. 124–128.
4. Knyaz V.A., Maksimov A.A. Photogrammetric Technique for Timber Stack Volume Control // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XL-3, 157–162, 2014.
5. Breiman L. Random forests // Machine Learning, 45(1): 5–32, 2001.
6. Dahl A.B., Guo M., Madsen K.H. Scale-space and watershed segmentation for detection of wood logs // in: Vision Day, Informatics and Mathematical Modelling 2006.
7. Dalal N., Triggs B. Histograms of oriented gradients for human detection // IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05), San Diego, CA, USA, 2005, pp. 886–893 vol. 1.
8. Herbon C. The HAWKwood Database // eprint arXiv:1410.4393.
9. Mullin M., Sukthankar R. Complete Cross-Validation for Nearest Neighbor Classifiers // Proceedings of International Conference on Machine Learning. 2000. С. 1137–1145.

1.3. МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКУЮ ИЗОТРОПНУЮ СТАЛЬ

Медведко Леонид Леонидович

*студент магистратуры, кафедра физического металловедения,
Липецкий государственный технический университет,
РФ, г. Липецк*

Шестопалов Алексей Вячеславович

*студент магистратуры, кафедра физического металловедения,
Липецкий государственный технический университет,
РФ, г. Липецк*

INFLUENCE OF ALLOYING ELEMENTS ON ELECTROTECHNICAL ISOTROPIC STEEL

Leonid Medvedko

*the student of the master's degree, the department of physical metallurgy,
Lipetsk State Technical University,
Russia, Lipetsk*

Alexey Shestopalov

*the student of the master's degree, the department of physical metallurgy,
Lipetsk State Technical University,
Russia, Lipetsk*

Аннотация. Изотропная электротехническая сталь применяется в машиностроение и в быту. В данной работе рассматривается оптимальное количество и влияние легирующих элементов на свойства электротехнической стали.

Abstract. Isotropic electrotechnical steel is used in engineering and in everyday life. In this paper, we consider the optimal number and effect of alloying elements for improving the properties of electrical steel.

Ключевые слова: электротехническая сталь; легирование.

Keywords: electrical steel; alloying.

1. Углерод оказывает наиболее негативное влияние на свойства электротехнической стали.

Увеличение содержания углерода вызывает уменьшение магнитной проницаемости в слабых и средних полях, приводит к возрастанию коэрцитивной силы и снижению магнитной индукции. Это происходит из-за того, что даже несколько сотых процента углерода расширяют аустенитную область, т. к. углерод является сильным аустенитообразующим элементом.

Отрицательное влияние оказывает не только процентное содержание углерода в стали, но и то, в какой форме он находится в стали.

На форму выделения углерода в раствор будет оказывать скорость охлаждения после горячей прокатки. При медленном охлаждении будут выделяться дисперсные частицы и происходит фиксация углерода в твердом растворе.

Выплавлять электротехническую изотропную сталь нужно как можно с меньшим содержанием углерода, но снижение его в стали до 0,03–0,02 % сопровождается интенсивным насыщением ее кислородом и азотом, что негативно скажется на магнитные свойства стали [1].

2. Кремний является основным легирующим элементом при производстве изотропной электротехнической стали.

Стали легируют кремнием для того, чтобы повысить магнитную проницаемость в слабых и средних магнитных полях, уменьшить константы магнитной кристаллографической анизотропии и магнито-стрикции. Помимо этого, кремний вызывает рост величины зерна, повышает степень раскисления жидкого металла в процессе выплавки и способствует некоторой графитизации углерода, также кремний понижает коэрцитивную силу и потери на гистерезис и вихревые токи.

Однако кремний снижает величину магнитной индукции насыщения и ухудшает механические свойства стали. Также в системе железо – кремний, при насыщении кремнием понижается точка Кюри.

Легирование электротехнической изотропной стали кремнием делается для улучшения ее магнитных и электрических свойств за счет увеличения удельного электросопротивления.

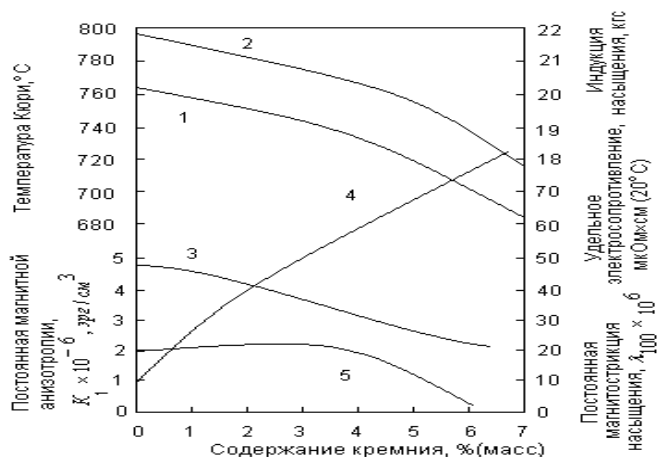


Рисунок 1. Влияние Si на магнитные и электрические свойства Fe – Si сплавов: 1 – температура Кюри; 2 – индукция насыщения; 3 – постоянная магнитной анизотропии; 4 – удельное электросопротивление; 5 – постоянная магнитострикции насыщения [2]

При изменении содержания кремния от 1,0 до 4,0 % удельное электросопротивление сплава увеличивается в 2,5 раза, что сильно уменьшает потери на вихревые токи. Увеличение концентрации кремния приводит к резкому снижению температурного коэффициента электрического сопротивления. Это обеспечивает в стали с повышенным содержанием кремния незначительную температурную зависимость потерь на вихревые токи. Уже при содержании 2,0–2,5 % кремний α -твердый раствор. Это позволяет получить в металле крупное зерно, и позволяет нагревать сталь до высоких температур без фазовой перекристаллизации [2].

3. Алюминий во многом похож на кремний по воздействию на сплав. Он также повышает электросопротивление и снижает индукцию насыщения. Как и кремний, алюминий также является ферритообразующим элементом. Сталь становится ферритной уже при 1 % алюминия. Дальнейшее увеличение содержания алюминия приводит к росту зерна, однако его увеличение, из-за действия алюминия, наблюдается до температуры отжига 850 °C. При температурах около 1 000–1 100 °C магнитные свойства ухудшаются в связи с тем, что происходит окисление алюминия и образуется глинозем.

Алюминий применяется в качестве раскислителя жидкой стали, что повышает качество стали при выплавке, т. к. он связывает кислород и азот во включения, от которых легко избавиться в процессе внепечной обработки жидкого металла.

Высокое содержание алюминия в стали ускоряет образование нитридов алюминия (AlN) и их выделение при высоких температурах (δ -фаза). Нитриды алюминия замедляют нормальный рост зерен, тем самым создавая условия для протекания вторичной рекристаллизации с образованием ребровой текстуры.

Оптимальным для изотропной электротехнической стали считается содержание алюминия в пределах 0,20–0,60 %. Однако даже небольшое количество алюминия ухудшает процессы прокатки стали. Уже 0,08 % по массе алюминия создает огромное количество дефектов на кромках полос. Дальнейшее увеличение содержания алюминия приводит к заметному снижению качества поверхности полосы после холодной прокатки.

4. Азот вызывает ещё более сильное негативное воздействие на магнитные свойства стали, чем углерод. Образование в стали нитридов и карбидов, вызванное наличием азота, приводит к заметному ухудшению коэрцитивной силы и потерь на перемагничивание.

5. Фосфор активно влияет на образование структуры в стали. Он влияет на рост зерна феррита и соответственно на характеристики, которые связаны с изменением структуры. Фосфор сужает γ -область и повышает критическую точку A_{C3} . Уменьшение γ -области способствует росту зерна и снижению потерь на гистерезис. При этом потери на вихревые токи не возрастают, так как с повышением содержания фосфора преобладающее влияние на величину потерь оказывает увеличение удельного электросопротивления.

Фосфор позволяет увеличить удельное электросопротивление стали, снижает коэрцитивную силу, что уменьшает площадь петли гистерезиса. В связи с этим снижаются гистерезисные потери и потери на вихревые токи. В результате общие потери на перемагничивание уменьшаются.

Фосфор позволяет повысить механические свойства стали. Например, повышение его содержания позволяет увеличить предел текучести и отношение предела текучести к временному сопротивлению σ_T / σ_B . Влияние фосфора на механические свойства показаны на рисунке 2 [2].

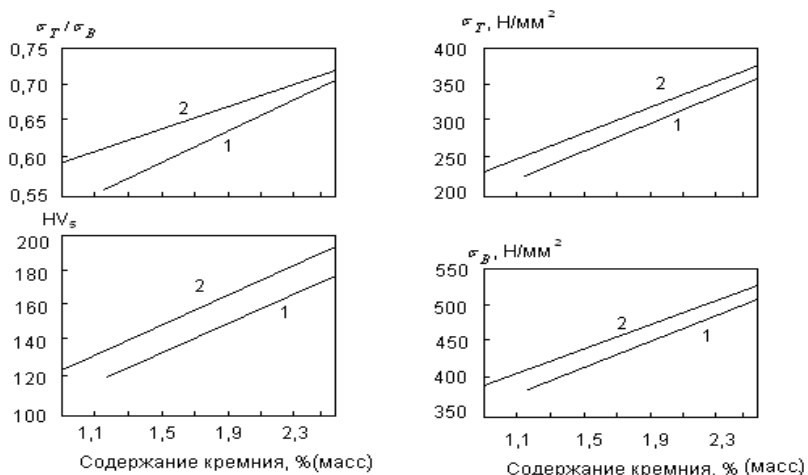


Рисунок 2. Зависимость предела текучести σ_T , временного сопротивления σ_B , отношения σ_T / σ_B и твердости HV_s от содержания кремния в стали при содержании фосфора: 1. 0,008–0,01 %; 2. 0,054–0,10 % [2]

Однако, из-за того что фосфор повышает жесткость стали и это мешает прокатке, его содержание ограничивают до 0,20 %.

6. Титан сильный нитридообразующий элемент. Применяется как модификатор. В основном оказывает вредное влияние на свойства стали из-за образования мелких нитридов и оксидов титана (TiN и TiO соответственно) которые тормозят рекристаллизацию стали.

Список литературы:

1. Ванчиков В.А. Основы производства изотропной электротехнической стали – М: Металлургия, 1985. – 207 с.
2. Миндлин Б.И., Настич В.П., Чеглов А.Е. Изотропная электротехническая сталь – М: Интернет Инжиниринг, 2006. – 240 с.

**ПОВЫШЕНИЕ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПНОЙ СТАЛИ,
ПОСРЕДСТВОМ РАЗРАБОТКИ
ВЫСОКОПРОНИЦАЕМОЙ СТАЛИ (HI = B СТАЛЬ)**

Шестопалов Алексей Вячеславович

*студент магистратуры, кафедра физического металловедения,
Липецкий государственный технический университет,
РФ, г. Липецк*

Медведко Леонид Леонидович

*студент магистратуры, кафедра физического металловедения,
Липецкий государственный технический университет,
РФ, г. Липецк*

**INCREASE OF MAGNETIC CHARACTERISTICS
OF ELECTROTECHNICAL ANISOTROPIC STEELS,
THROUGH THE DEVELOPMENT
OF HIGH-PERMEABILITY STEEL (HI = B STEEL)**

Alexey Shestopalov

*the student of the master's degree, the department of physical metallurgy,
Lipetsk State Technical University,
Russia, Lipetsk*

Leonid Medvedko

*the student of the master's degree, the department of physical metallurgy,
Lipetsk State Technical University,
Russia, Lipetsk*

Аннотация. В связи с бурным развитием мировой энергетики неизмеримо возросли требования к «магнитному» качеству и уровню магнитных свойств электротехнических сталей. В статье рассмотрен перспективный вид ЭАС - высокопроницаемая сталь (типа HI = B). Сделано сравнение со сталями, применяемыми в настоящее время.

Abstract. In connection with the rapid development of world energy requirements to the "magnetic" quality and the level of magnetic properties of electrical steel immeasurably increased. Prospective type EAS - steel with high permeability (type HI = B) are considered in the article. The comparison is made using the currently used steels.

Ключевые слова: электротехническая сталь; трансформатор; кремний.

Keywords: electrical steel; transformer; silicon.

Жесткая конкуренция заставляет производителей электротехнической стали постоянно модернизировать производство. Сохранять позиции на рынке удается лишь при разработке и создании новых. Электротехнические стали – это специальный класс магнитно-мягких ферромагнитных материалов, получаемых сплавлением технического железа с кремнием (до 6,5 % Si). Данный класс сталей имеет широчайшую область применения. Их используют для изготовления различных трансформаторов, генераторов, преобразователей, двигателей и прочих магнитоактивных частей разнообразных электротехнических устройств. По условиям эксплуатации электротехнической стали предъявляются следующие основные требования:

- легкость намагничивания и перемагничивания (высокие значения магнитной проницаемости);
- высокие значения магнитной индукции;
- минимальные потери при перемагничивании.

Выполнение первых двух требований определяет размеры и вес электрических обмоток и магнитных сердечников трансформаторов. Минимальные потери на перемагничивание определяют КПД трансформаторов и их рабочую температуру. Именно поэтому вопросам повышения характеристик электротехнических сталей, а в особенности улучшению магнитных свойств, в последние годы уделяется особое внимание.

Прогресс в области электротехнических магнитных материалов в последние годы связан с развитием двух конкурирующих направлений в технологии их производства. Во-первых, это традиционный способ, основанный на выплавке сплава, горячей прокатке и сочетании холодной деформации с термической обработкой на конечной стадии производства. Во-вторых, способ получения быстрозакаленной ленты путем разливки расплава на поверхность вращающегося с большой скоростью валка-холодильника. Такая конкуренция привела к разработке новых типов электротехнических материалов с высокой магнитной индукцией и малыми потерями и ускорила совершенствование традиционных сплавов.

В настоящее время для производства трансформаторов металлургическая промышленность поставляет рулонную анизотропную сталь толщиной 0,3 мм с удельными магнитными потерями $P_{1,7/50} = 1,35-1,40$ (марка 3405) и $P_{1,7/50} = 1,25-1,3$ Вт/кг (3406) и магнитной индукцией $B_{800} = 1,61-1,65$ Тл.

В соответствии с возрастающим требованиям, металлурги ставят перед собой следующие задачи:

1. снизить удельные потери стали и довести их до $P = 1,00-1,05$ Вт/кг при повышении магнитной индукции B_{800} до 1,85 Тл и толщине стали 0,30-0,35 мм;

2. обеспечить выпуск трансформаторной стали с малой магнитострикцией для снижения уровня шума трансформаторов;

3. повысить пластичность стали и электроизоляционного покрытия для использования их в витых магнитопроводах;

4. разработать магнитно-активные покрытия с высокой жаростойкостью (до 900–950 °С) в инертных средах и на воздухе.

Чтобы удовлетворить вышеперечисленным требованиям была разработана и, в настоящее время постепенно внедряемая в производство, высокопроницаемая сталь (типа $H_i = B$) с удельными потерями $P_{1,7/50} = 1,15-1,20$ Вт/кг при толщине 0,3 мм.

Технология производства концептуально отличается от действующих тем, что высокая проницаемость достигается при переделе по схеме с двукратной холодной прокаткой. Эффективность предлагаемой технологии состоит в значительном уменьшении затрат на передел, а также исключении из технологического цикла трудоемких и экологически неблагоприятных операций (высокотемпературный нагрев слэбов, азотирование и др.).

Высокопроницаемая анизотропная электротехническая сталь – анизотропная электротехническая сталь, имеющая совершенную кристаллографическую текстуру с магнитной индукцией не менее 1,85 Тл. Среднее отклонение осей легкого намагничивания [001] от направления прокатки составляет около 3° по сравнению с 6° для обычной анизотропной электротехнической стали сульфидного варианта. Высокопроницаемая сталь состоит из крупных зерен размером 5–30 мм, что совместно с кристаллографической текстурой приводит к формированию доменной структуры с широкими основными доменами. Основные домены пронизывают насквозь большую группу зерен (рис. 1), а корень квадратный из длины этой группы вдоль осей легкого намагничивания [001] определяет ширину основных доменов. В соответствии с формулой Прая и Бина, магнитные потери на вихревые токи можно снизить путем уменьшения ширины основных доменов.



Рисунок 1. Доменная структура высокопроницаемой анизотропной электротехнической стали

При пульсирующем лазерном облучении поверхности и плазменном облучением сфокусированным плазменным пучком создается линия точечных каверн (впадин) поперек направления прокатки. На рис. 2, показана доменная структура, состояние поверхности с электроизоляционным покрытием и после удаления покрытия травлением до (а) и после (б) лазерного облучения поверхности. Эффект воздействия лазерным или плазменным пучками связан с механическими напряжениями, которые формируют вблизи каверн замыкающую доменную структуру, поэтому эти воздействия снимаются после термической обработки при 800 °С [1]. Локальная механическая деформация и локальное электротехническое травление создают на поверхности стали линейные канавки поперек направления прокатки глубиной 15–20 мкм на расстояние около 5 мм. В данном случае измельчение основных доменов связано с размагничивающим эффектом на боковых стенках канавки, а также формированием микрозерен после термической обработки. Поэтому данный тип воздействий сохраняется после отжига при температуре 800 °С [2].

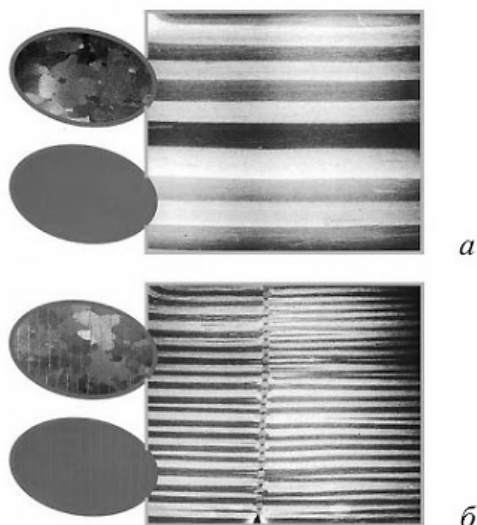


Рисунок 2. Вид поверхности анизотропной электротехнической стали с электроизоляционным покрытием, после удаления покрытия травлением и доменная структура до (а) и после (б) лазерного облучения поверхности

Применение лазерного скрабирования (нанесения лазерных барьеров) приближает магнитные свойства проката к сегменту высокопроницаемой стали и обеспечивает снижение удельных потерь электроэнергии на 5–15 % по отношению к однотипным рядовым маркам трансформаторной стали других мировых производителей. В настоящее время в России на НЛМК расширили линейку высокотехнологичной и высокоэффективной премиальной продукции до пяти лазерных марок трансформаторной стали, и работа в этом направлении продолжается.

Список литературы:

1. Казаджан Л.Б. Магнитные свойства электротехнических сталей и сплавов. - М: Наука и техника, 2000. – С. 155–158.
2. Стародубцев Ю.Н. Магнитомягкие материалы. – М: Техносфера, 2011. – С. 35–36.

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ ГАЗОПРОВОДА

Алексеев Артур Валерьевич

*магистрант, кафедра транспортно-технологических машин,
Поволжский государственный технологический институт,
РФ, г. Йошкар-Ола*

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGIES FOR GAS PIPELINE TECHNICAL CONTROL AND DIAGNOSTICS

Artur Alekseev

*student, Department of Transport-Technological Machines,
Volga State University of Technology,
Russia, Yoshkar-Ola*

Аннотация. Изношенность системы газоснабжения является одной из причиной аварий, в следствии чего происходят десятки аварий с выбросом газа в атмосферу. Данная тенденция со временем может ухудшиться. Поэтому заостряется проблема обеспечения техносферной безопасности при эксплуатации магистральных газопроводов. Для этого ведутся работы по разработке новейших методов, технологий технического контроля и диагностики газопровода.

Abstract. The deterioration of the gas supply system is one of the causes of accidents, as a result of which dozens of accidents occur with the release of gas into the atmosphere. This trend may worsen with time. Therefore, the problem of providing technospheric security in the operation of main gas pipelines is sharpened. To this end, work is underway to develop the latest methods, technologies for technical control and diagnostics of the gas pipeline.

Ключевые слова: газопровод, технический контроль, диагностика, совершенствование технологии.

Keywords: gas pipeline, technical control, diagnostics, technology improvement.

Крупнейшая в мире система газоснабжения, состоящая из 160 000 км магистральных газопроводов и их отводов, находится в России и непрерывно совершенствуется. Основная часть труб сильно изношены, треть из них эксплуатируются более 30 лет. Изношенность является причиной аварий: в год происходят десятки аварий с выбросом газа в атмосферу. Данная тенденция со временем может ухудшиться.

Поэтому заостряется проблема обеспечения техносферной безопасности при эксплуатации магистральных газопроводов. Для этого ведутся работы по разработке новейших методов, технологий технического контроля и диагностики газопровода.

В настоящее время обнаружение утечек, их локализация и общая оценка состояния магистральных газопроводов происходит с применением различных методов, таких как:

- наземная диагностика с применением газоанализаторов;
- дистанционные методы диагностики и контроля (фотонаблюдение, видеонаблюдение, различные виды зондирования: тепловизионного, радиолокационного и лазерного).

Рассмотрим варианты совершенствования существующих методов.

В настоящее время участки магистральных газопроводов диагностируются с помощью методов и средств неразрушающего контроля.

К новейшим методам технического контроля и диагностики газопровода можно отнести технологию надземного технического диагностирования газопроводов. Технология включает следующие этапы.

На первом этапе бесконтактно определяется масштаб повреждения изоляционного покрытия, далее – положение и глубина нахождения газопровода. После проверяется на эффективность электрохимическая защита, выявляются наиболее опасные участки: коррозионные, аномальные с присутствием механического напряжения в металле.

К совершенствованным технологиям надземного технического диагностирования газопроводов относится новейшая технология надземного диагностирования трубопроводов «М-1», разработанная при участии ЗАО «ВНИИСТ-ПОИСК». Данная технология позволяет осуществлять магнитометрические, электрометрические и другие измерения параллельно друг с другом, одновременно привязывая их с GPS. Благодаря такому преимуществу более эффективно и точно выявляются зоны с механическим напряжением, коррозионно-опасные зоны.

Результаты таких исследований применяются для детального обследования изоляционного состояния и состояния металла в газопроводе, наиболее опасные зоны шурфуются. Также изучаются сварные соединения опасных зон с применением методов неразрушающего контроля, вследствие чего определяются физико-механические свойства труб.

Диагностика газопроводов включает объемные работы по выявлению технического состояния труб, которые проводятся при капитальном ремонте изоляционного покрытия (переизоляции).

В связи с этим для газовой отрасли актуально создание, позволяющих максимально достоверно контролировать тело трубы после снятия изоляции. К новейшим автоматизированным сканерам можно отнести автоматические сканирующие магнитные дефектоскопы.

В полевых условиях количественная оценка механических напряжений в трубе производилась с помощью портативного рентгеновского дифрактометра типа «Stressrad». Метод рентгеновской дифрактометрии позволяет максимально достоверно получать информацию о напряжениях в поверхностном слое металла. Поэтому можно предложить данный метод как основной для определения состояния трубопроводов на наличие напряженностей и деформаций в полевых условиях.

Результаты комплексного технического диагностирования лежат в основе разработок мероприятий по обеспечению безопасной эксплуатации газопроводов и определения новых сроков для проведения диагностики труб.

Такая система позволяет эксплуатировать газопровод согласно их техническому состоянию. Для повышения надежности оценки и достоверности прогноза технического состояния газопроводов такую диагностику необходимо проводить совместно с внутритрубной дефектоскопией и наземным диагностированием.

Изношенность труб, их использование в сроки, превышающих срок эксплуатации оборудования требует более точную диагностику газопровода, частую оценку состояния ресурса и возможных рисков.

В связи с этим необходимо постоянно совершенствовать технологии технического контроля и диагностики газопровода, что обеспечит целостность и безопасную эксплуатацию трубопроводов.

К новейшим и перспективным технологиям технического контроля и диагностики газопровода можно отнести бесконтактные способы и электротехнические устройства контроля.

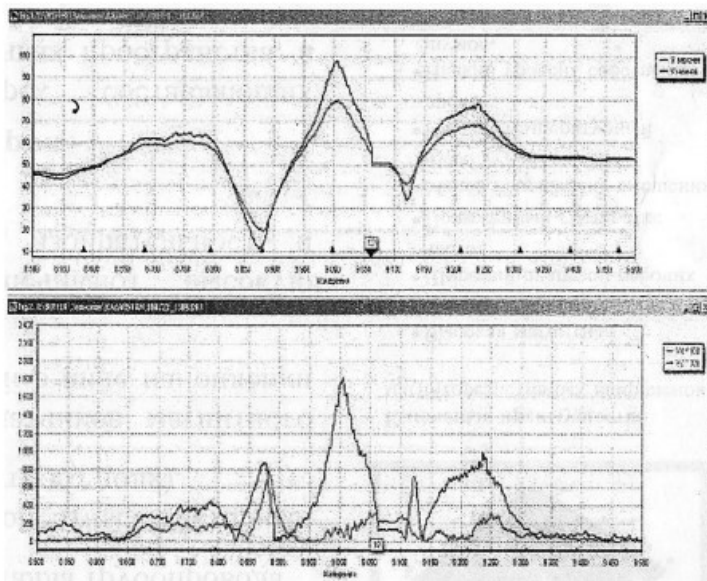
Повреждения на трубопроводах появляются вследствие больших концентраций напряжений в одной зоне. Причиной таких напряжений являются совокупность факторов: эксплуатационных (рабочие нагрузки), технологических, конструктивных и монтажных. К новейшим

способам контроля зон повреждений и концентрации напряжений можно отнести бесконтактный магнитометрический метод.

Данный метод выявляет аномалии, которые происходят процессе распределения магнитного поля, устанавливает взаимосвязь возникших аномалий и различных видов появляющихся повреждений.

Для технической диагностики газопроводов можно применять бесконтактный магнитометрический метод с применением высоко-технологичного комплекса КМД-01М. Комплекс включает в себя блоки трёхкомпонентных магнитометров, устройство визуализации и накопления данных, а также дополнительное оборудование [1].

Принцип работы данного метода следующий. Дефекты обнаруживаются, классифицируются и локализуются дистанционным путем, регистрируемые параметры магнитного поля непрерывно интерпретируются, происходит преобразование сигналов, поступающих из магниторезистивных датчиков, в код при помощи аналого-цифрового преобразователя, который далее отражается на компьютере. Программное обеспечение позволяет обработать Поступающая информация обрабатывается и отображается с помощью программного обеспечения на компьютере в режиме реального времени (рис. 1).



**Рисунок 1. Обработанные данные, поступающие
в программное обеспечение**

Контроль технического состояния трубопровода с изоляцией осуществляется с помощью бесконтактного магнитометрического метода. При этом используются приборы: измеритель концентрации напряжений и сканирующее устройство. Результаты измерений регистрируются путем разбиения по продолжительности файлов. В основе разбиения лежит реальная трассировка газопровода и доступность условий для осуществления контроля.

В состав сканирующего устройства входят феррозондовые датчики. На специальных дугах устройства устанавливаются 16 каналов измерений нормальной составляющей магнитного поля.

При обнаружении магнитной аномалий, на экране устройства фиксируются данные, характерные параметры для каждой трубы, выявляются различия исходя из местообразований этих аномалий, длины газопровода, наличия кривизны и номеров опор, а также других узловых элементов схем. В зависимости от толщины и качества слоя изоляции, диаметра газопровода могут быть разные параметры магнитной аномалии, которые указаны в методике.

Зоны с выявленными магнитными аномалиями рекомендуется проверить по периметру газопровода. Это делается для того, чтобы определить зоны с сильнейшей концентрацией напряжений в выявленном сечении газопровода, соответствующее максимальным значениям градиента магнитного поля. Сканирующим устройством в данном случае выступает тип 1-8М.

Результаты использования бесконтактного магнитометрического контроля газопровода используются для анализа магнитограмм и выявления участков, которые необходимо контролировать. Такие участки подлежат вскрытию изоляционных соединений и проведению другими методами дополнительного неразрушающего контроля. К таким методам относятся ультразвуковые методы, МПМ, метод толщинометрии и вихрековый, а также визуально-измерительный контроль.

Анализ бесконтактного контроля технического состояния стальных газопроводов, их изоляции, электрохимической защиты и объёма газа позволил сделать следующие выводы. Контроль технического состояния газопроводов и объёма газа в газопроводах обеспечивается с определенной степенью достоверности электротехническими устройствами по своему назначению. Очевидно наличие связи и зависимости между параметрами и характеристиками в комплексе.

Для совершенствования технологий контроля и диагностики газопроводов должны учитываться выявленные особенности методов,

что станет основой для разработки топологий и структур измерительной и управляющей систем. Необходимо создание аппаратно-программного комплекса, который будет обеспечивать высокую надёжность при проведении диагностики и контроля, а также для их управления.

Список литературы:

1. Дедешко В.Н. Развитие системы диагностического обслуживания МГ / В.Н. Дедешко, В.В. Салюков // Газовая промышленность. – 2015. – № 8. – С. 15–18.
2. Дубов А.А. Контроль технологических трубопроводов без снятия изоляции с использованием сканирующих устройств и метода магнитной памяти металла – [Электронный ресурс] // ООО «Энергодиагностика» – 2015. URL: <http://www.energodagnostika.ru/> (Дата обращения: 17.05.2017).
3. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества веществ / П.П. Кремлевский. – Справочник. Книга первая. / под общ. ред. Е.А. Шорникова. Санкт-Петербург: Изд-во Политехника, 2014. 409 с.
4. Митрохин М.Ю. Новые подходы к планированию ремонта и диагностики магистральных трубопроводов / М.Ю. Митрохин. – Обзор. информ. Сер.: Транспорт и хранение газа.– М. : ООО ИРЦ «Газпром», 2015. – С. 42–58.
5. Пашин С.Т. Диагностика и ремонт магистральных газопроводов без остановки транспорта газа / С.Т. Пашин, Р.Р. Усманов, М.В. Чучкалов, Р.М. Аскарлов. – М.: ООО «Газпромэкспо», 2016. – 236 с.
6. Саксон В.М. Диагностика стальных трубопроводов методом бесконтактной магнитометрии / В.М. Саксон, А.Б. Сергеев, А.Б. Проказин // Мир измерений. – М., 2016. Вып. 6. С. 17–21.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ БАТАРЕЙ

Постников Александр Александрович

адъюнкт,
Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище,
РФ, г. Рязань

Гумелев Василий Юрьевич

канд. техн. наук, ст. преподаватель,
Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище,
РФ, г. Рязань

Юров Юрий Юрьевич

канд. техн. наук, проф.,
Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище,
РФ, г. Рязань

CLASSIFICATION OF PARAMETERS OF LEAD-ACID BATTERIES

Aleksandr Postnikov

adjunct, Ryazan higher airborne command school,
Russia, Ryazan

Vasilij Gumelev

candidate of technical sciences, senior lecturer,
Ryazan higher airborne command school,
Russia, Ryazan

Yurij Yurov

candidate of technical sciences, professor,
Ryazan higher airborne command school,
Russia, Ryazan

Аннотация. В результате проведенного анализа различных источников предложена классификация параметров аккумуляторных батарей. Показано, что некоторые параметры одновременно могут соответствовать различным классификационным признакам.

Abstract. As a result of the analysis of various sources, a classification of the parameters of storage batteries is proposed. It is shown that some parameters can simultaneously correspond to different classification characteristics.

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, диагностирование, параметры аккумуляторных батарей.

Keywords: accumulator battery, diagnostics, parameters of storage batteries.

Основной задачей аккумуляторных батарей является поддержание энергобаланса в системе электроснабжения за счет накопления и последующей отдачи электрической энергии потребителям. Свинцово-кислотные аккумуляторные батареи находят самое широкое применение, что обусловлено приемлемыми энергетическими показателями, низкой ценой, простотой обслуживания и изготовления. Техническое состояние аккумуляторных батарей напрямую влияет на функционирование объекта в целом, время его автономной работы и определяется в процессе диагностирования по одному или нескольким параметрам.

В соответствии с [1, с. 5] некоторые неформальные признаки сложных систем можно наблюдать в аккумуляторных батареях. К их числу можно отнести следующие признаки:

- большие мощности входных и выходных параметров;
- глубокая функциональная связь параметров;
- отсутствие достаточной априорной информации о внутренних состояниях;
- наличие блочной структуры.

С точки зрения диагностики каждый параметр может являться диагностическим, однако в различных случаях целесообразность использования того или иного параметра может быть различна. Анализ значимых изданий в области исследований аккумуляторных батарей [2; 3; 4; 5; 6] позволил выявить около четырех десятков параметров. Приведем их классификацию по некоторым признакам (рисунок).

В работе [7, с. 26] авторы разделяют все множество параметров на функциональные и технические. Под функциональными понимают параметры, характеризующие эффективность использования исследуемого объекта по прямому назначению. Технические же параметры указывают на состояние и работоспособность батареи.

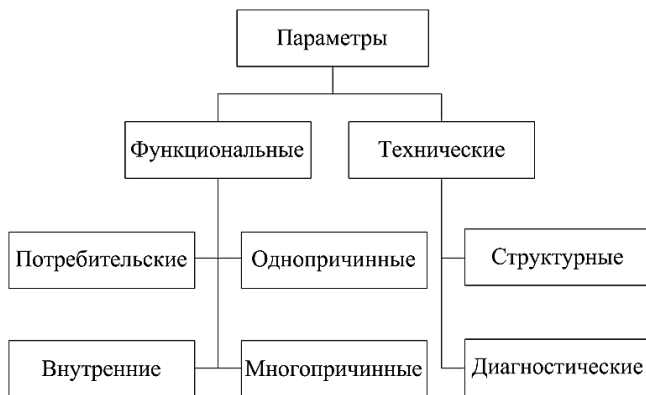


Рисунок 1. Классификация параметров аккумуляторных батарей

Если отклонение параметров от номинальных значений приводит к снижению эффективности использования по назначению батареи, то такие параметры целесообразно считать потребительским. К их числу относятся следующие: номинальная емкость $C_{\text{ном}}$, резервная емкость $C_{\text{рез}}$, фактическая емкость $C_{\text{факт}}$, доступная емкость $C_{\text{дост}}$, ток холодной прокрутки $I_{\text{хп}}$, напряжение аккумуляторной батареи под нагрузкой $U_{\text{абн}}$, время заряда $t_{\text{зар}}$ и разряда $t_{\text{разр}}$, степень заряженности SOC , температура окружающей среды $T_{\text{окр}}$, саморазряд S , срок службы и наработка в циклах $N_{\text{ц}}$.

Сама по себе аккумуляторная батарея имеет блочную структуру. Если отклонение параметра, ведет лишь к ухудшению работоспособности отдельного блока или составной части (за исключением отказа) и в целом не влияет на выполнение батарей ее потребительских функций, то такие параметры являются внутренними. К таковым можно отнести: плотность электролита ρ , объем электролита $V_{\text{эл}}$, внутреннее сопротивление $R_{\text{вн}}$, время заряда $t_{\text{зар}}$ и разряда $t_{\text{разр}}$, токи заряда $I_{\text{зар}}$ и разряда $I_{\text{разр}}$, саморазряд S , напряжение аккумуляторной батареи $U_{\text{аб}}$, конечное разрядное напряжение $U_{\text{кр}}$, температура электролита $T_{\text{эл}}$.

Как видно, некоторые параметры встречаются чаще других. Увеличение количества таких параметров указывает на более глубокие взаимосвязи между ними и составными частями батарей.

Рассматриваемая нами классификация способствует дальнейшему построению графа логической модели батареи. В такой модели параметры являются вершинами графа, а ребра указывают на связи между параметрами и их характер.

По взаимосвязи блоков батарей с их техническим состоянием параметры можно разделить на многопричинные и однопричинные.

К первой группе относятся параметры, являющиеся обобщающими, и, по своей роли в процессе диагностирования, могут служить только признаками неисправности. Такие параметры большей частью характеризуют изменение эксплуатационных свойств батарей, например, плотность электролита ρ , количество отказавших элементов $N_{оэ}$, напряжение разомкнутой цепи $U_{рц}$, напряжение аккумуляторной батареи под нагрузкой $U_{абн}$, фактическая емкость $C_{факт}$, доступная емкость $C_{дост}$, время заряда $t_{зар}$ и разряда $t_{разр}$, токи заряда $I_{зар}$ и разряда $I_{разр}$, объем электролита $V_{эл}$.

Ко второй группе относятся параметры, сопровождающие функционирование батарей. Такими параметрами могут быть следующие: саморазряд S , время заряда $t_{зар}$ и разряда $t_{разр}$, токи заряда $I_{зар}$ и разряда $I_{разр}$, температура электролита $T_{эл}$, коэффициент использования активных масс θ , плотность электролита ρ , объем электролита $V_{эл}$, состояние выводов, корпуса, пробок, перемычек.

Методы, обеспечивающие измерение физических величин в процессе диагностирования, большей частью касаются структурных параметров. Именно структурные параметры дают довольно четкую картину о техническом состоянии исследуемых батарей и непосредственно характеризуют работоспособность объекта диагностирования. К таким параметрам относятся: габариты пластин, масса пластин $m_{пл}$, масса активного вещества $m_{ав}$, пористость пластин Π , масса $m_{эл}$ и объем $V_{эл}$ электролита, тип сепаратора, химический состав решеток, способ соединения и количество аккумуляторов в батарее $N_{ак}$, внутреннее сопротивление $R_{вн}$.

Измерение большинства структурных параметров батарей затруднено, так как в данном случае необходимо применять разрушающие методы контроля технического состояния, что в целом, как отмечалось в работе [8, с. 92-102], оказывает негативное влияние на эксплуатацию батарей и аккумуляторное хозяйство в целом. В связи с этим выделяют еще одну группу параметров -

диагностических, косвенно характеризующих работоспособность объекта диагностирования.

Глубина связей между структурными и диагностическими параметрами является одним из факторов, влияющих на достоверность технического диагностирования. К числу параметров косвенно отражающих работоспособность батарей относят: саморазряд S , напряжение разомкнутой цепи U_{pc} , напряжение аккумуляторной батареи под нагрузкой $U_{абн}$, внутреннее сопротивление $R_{вн}$, количество отказавших элементов $N_{оэ}$, плотность электролита ρ , объем электролита $V_{эл}$.

При диагностировании исходят из общеизвестного принципа «от общего к частному». Все неисправности и отказы, возникающие в процессе эксплуатации батарей, сопровождаются отклонениями электрических характеристик от заданных значений. Необходимо отметить, что приведенные параметры не являются исчерпывающими.

Таким образом, к исследователю предъявляются довольно высокие требования. От него зависит объективность выбора диагностических параметров, методов их измерения и достоверность полученных результатов, по которым предстоит определить техническое состояние диагностируемого объекта.

Список литературы:

1. Осис Я.Я. Определение понятия «сложный объект диагностирования» // Кибернетика и диагностика. Вып. II. Рига: Издательство «Зинатне», 1968. С. 5–10.
2. Аккумуляторные батареи / под. общ. ред. инж. П.И. Устинова. М. – Л.: Государственное энергетическое издание, 1952. 264 с.
3. Вайнел Дж. Аккумуляторные батареи / пер. с англ. инж. П.И. Устинова. – 4-е изд. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1960. 480 с.
4. Дасоян М.А., Агуф И.А. Основы расчета, конструирования и технологии производства свинцовых аккумуляторов. Л.: Энергия, 1978. 152 с.
5. Химические источники тока: Справочник / под ред. Н.В. Коровина и А.М. Скундина. М.: Издательство МЭИ, 2003. 740 с., ил.
6. Valve-Regulated Lead-Acid Batteries [Электронный ресурс] / ed. Rand D.A.J. [et al.]. Amsterdam – Boston – Heidelberg – L. – N.Y. – Oxford – P. – S.D. – S.F. – Singapore – Sydney – Tokyo: Elsevier, 2004. 602 p. Режим доступа: URL: <http://bookree.org/reader?file=676368&pg=1>. Дата обращения: 11.07.2017.
7. Заяц Ю.А., Голубев Д.С. Техническая диагностика подвижного состава автомобильного транспорта: учебное пособие. Рязань: РВВДКУ, 2016. 259 с.
8. Юров Ю.Ю., Постников А.А., Гумелев В.Ю. Краткая оценка методов диагностирования свинцово-кислотных аккумуляторных батарей // Современная техника и технологии. 2015. № 12(52). С. 92–102.

1.5. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ОБЗОР ПРОЕКТА РЕГИОНАЛЬНЫХ НОРМАТИВОВ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖИЛЫХ ТЕРРИТОРИЙ, ОБЪЕКТОВ ТОРГОВЛИ И ОБСЛУЖИВАНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

Денякова Виктория Вячеславовна

*специалист проекта в сфере городского управления,
Московский городской университет управления
Правительства Москвы,
РФ, г. Москва*

Шаров Никита Александрович

*специалист испытательной лаборатории,
ГУП МО «МособлстройЦнил»,
РФ, г. Мытищи*

REVIEW OF PROJECT OF REGIONAL STANDARDS FOR URBAN DESIGN OF RESIDENTIAL AREAS, OBJECTS OF TRADE AND SERVICES OF MOSCOW

Victoria Denyakova

*project specialist in the field of urban management,
Moscow City University of Management of the Moscow Government,
Russia, Moscow*

Nikita Sharov

*specialist of testing laboratory,
State Unitary Enterprise "MosoblstroyCnil",
Russia, Mytishchi*

Аннотация. Для создания современной комфортной городской среды необходимо пересматривать и изменять градостроительные нормы в соответствии с текущим периодом истории. Изменение нормативов, как правило, вызывает множество вопросов и дискуссий.

В статье рассматриваются достоинства и возможные проблемы при утверждении проекта региональных нормативов градостроительного проектирования жилых территорий, объектов торговли и обслуживания города Москвы.

Abstract. To create a modern and comfortable urban environment it is necessary to review and amend the urban regulations in accordance with the current period of history. Change in standards usually raises a lot of questions and discussions. The article discusses the advantages and potential problems in the approval of project of regional standards for urban design of residential areas, objects of trade and services of Moscow.

Ключевые слова: региональные нормы; градостроительное проектирование; жилые территории; урбан-блок; квартал; микрорайон.

Keywords: regional standards; urban design; residential areas; urban-block; square; project.

Для создания современной комфортной городской среды необходимо пересматривать и изменять градостроительные нормы в соответствии с текущим периодом истории. Изменение нормативов, как правило, вызывает множество вопросов и дискуссий.

Правительством Москвы разработан проект региональных нормативов градостроительного проектирования (далее – РНГП), которые в том числе будут использованы при реализации программы реновации хрущевок.

РНГП г. Москвы устанавливают совокупность расчетных показателей минимально допустимого уровня обеспеченности объектами регионального значения и максимально допустимого уровня территориальной доступности таких объектов [1].

На сегодняшний день при планировании городских территорий микрорайонами в среднем около 20 % городской земли не вовлечены в жизнь города. В связи с этим, проектом РНГП жилых территорий г. Москвы предполагается отступление от принципа застройки территорий по микрорайонам и переход к принципу квартальной застройки.

Рассмотрим положительные и отрицательные стороны принятия проекта РНГП для жилых территорий, объектов торговли и обслуживания города Москвы.

Из достоинств проекта можно выделить:

- эффективное использование земельных ресурсов;
- разграничение публичных и частных территорий;

- повышение проницаемости жилых территорий за счет формирования системы публичных территорий;
- четкое определение терминов «квартал» и «микрорайон», создание единого глоссария для всех документов.

К недостаткам проекта РНГП можно отнести:

- увеличение застройки города Москвы, что впоследствии приведет к увеличению плотности населения;
- при успешной реализации проекта существует риск оттока населения из других регионов в столицу, поэтому введение подобных норм следовало бы начать с небольших городов.

Рассмотрим предлагаемую модель застройки территорий города Москвы согласно проекту РНГП.

Данная модель содержит три единицы [2]:

1. Урбан-блок, который включает жилые дома с объектами повседневного обслуживания на первых этажах и двор (приватная территория с озеленением, площадками для тихого отдыха и пожарными проездами, доступная только для жителей урбан-блока и закрытая для публичного посещения). Радиус доступности данной единицы не превышает 100 метров.



Рисунок 1. Модель урбан-блока

2. Квартал, включающий урбан-блоки, публичные территории с внутриквартальными проездами, парковками, площадками для отдыха, внутриквартальным озеленением, детские сады, объекты повседневного обслуживания. Радиус доступности данной единицы не превышает 300 метров.

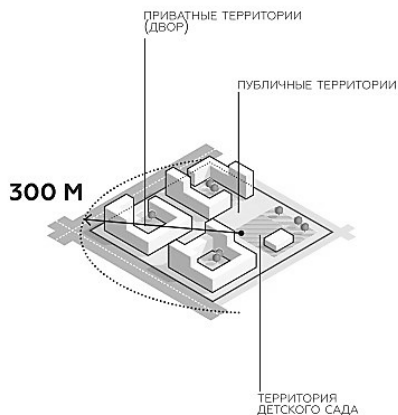


Рисунок 2. Модель квартала

3. Расчетный микрорайон, содержащий жилые кварталы, улицы и проезды, застройку иного функционального назначения, в т. ч. школы, физкультурно-оздоровительные комплексы, микрорайонный центр, коммунальные объекты, озелененные рекреационные территории общего пользования. Радиус доступности данной единицы не превышает 500 метров.

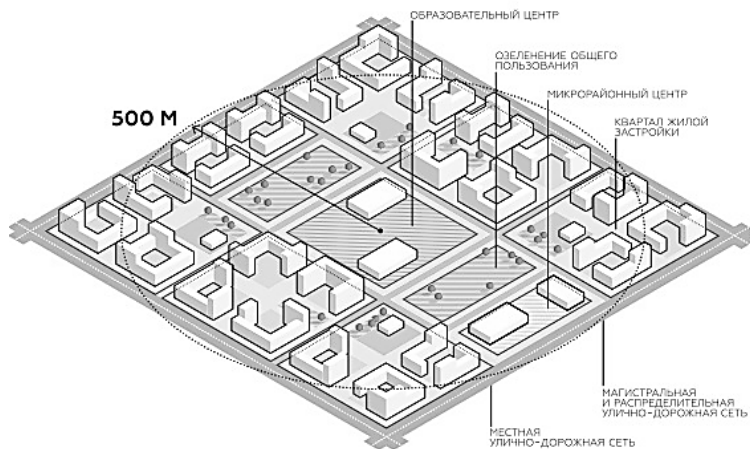


Рисунок 3. Модель расчетного микрорайона

Рассмотрим особенности предлагаемой модели по порядку.

Начнем с минимальной единицы модели – урбан-блока.

Достоинства:

- наличие приватной территории, что увеличивает безопасность и комфорт жителей;
- доступность объектов повседневного пользования;
- наличие нежилых первых этажей, способствующее развитию малого бизнеса;
- рост социального взаимодействия между жителями урбан-блока.

Недостатки:

- недоступность дворовой территории может вызвать неудобства для жителей урбан-блока;
- недостаток парковочных мест, вызванный реальными условиями эксплуатации территории.

Следующая расчетная единица – квартал.

Достоинства:

- кварталы примут более структурированный вид, что в целом улучшит архитектурный облик Москвы;
- рациональное планирование территорий;
- наличие публичных рекреационных зон увеличивает социальное взаимодействие между жителями разных урбан-блоков;
- простота внутриквартальных связей;
- единый фронт застройки;
- внутриквартальная улица будет являться полезным общественным пространством, а не проездной магистралью.

Недостатки:

- квартальная застройка потребует изменений в городском планировании и управлении;
- переход от микрорайонной застройки к квартальной приведет к изменению строительных технологий;
- сложность увязки квартальной застройки с действующими нормами (СанПиНы и СП градостроительства).

Расчетный микрорайон – самая крупная единица модели.

Достоинства:

- обеспеченность жителей социально значимыми объектами с учетом нормативной доступности;
- проницаемость жилых территорий и, соответственно, доступность до всех объектов обслуживания элементов жилой среды;

- регулярная застройка позволяет правильно осваивать пространство, трансформировать застройку, не меняя транспортного, пешеходного и общественного каркаса города.

Недостатки:

- в реальности инфраструктура микрорайона может быть перегружена, поскольку обеспеченность школами считается по среднему показателю, и не учитывается тот факт, что родители стремятся отдать ребенка в лучшее образовательное учреждение вне зависимости от его расположения;

- измерение доступности радиусами в границах микрорайона может оказаться неэффективным в реальной жизни, что может вызвать неудобства населения с точки зрения передвижения на автотранспорте.

Несмотря на перечисленные выше возможные положительные и отрицательные стороны введения рассматриваемых норм, важной и основополагающей частью проекта является его правильное воплощение в жизнь.

Планируется, что РНГП жилых территорий будут приняты до конца 2017 года вместе с программой реновации. А это означает, что уже через несколько лет мы сможем оценить эффективность реализации данных норм на практике и четко осознать концепцию развития новых территорий города Москвы исходя из данного опыта.

Список литературы:

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 18.06.2017) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.07.2017): принят Гос. Думой 22 дек. 2004 г.: одобр. Советом Федерации 24 дек. 2004 г. // СПС КонсультантПлюс.
2. Комфортный город: изд. к конф. Комитета по архитектуре и градостроительству города Москвы «Комфортный город», Москва, 2017. 65 с.

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РИГЕЛЕЙ

Жданов Николай Николаевич

*магистр кафедры уникальных зданий и сооружений,
Юго-западный государственный университет,
РФ, г. Курск*

PROBABILISTIC RELIABILITY ASSESSMENT OF REINFORCED CONCRETE BEAM'S STANDARD PROFILE

Nikolay Zhdanov

*master of Unique Buildings and Constructions Department,
Southwest State University,
Russia, Kursk*

Аннотация. Рассмотрен и описан метод оценки риска разрушения нормального сечения ригеля, армированного арматурой без предварительного натяжения с использованием метода статистических испытаний. Проведена количественная оценка риска разрушения нагруженных равномерно распределённой нагрузкой железобетонных ригелей.

Abstract. The article deals with a risk assessment method for standard profile fracture of non prestressed reinforced beam using Monte Carlo method. Also presented quantitative destruction risk assessment of reinforced concrete beams loaded with a uniformly distributed load.

Ключевые слова: вероятностная оценка; риск; нормальное сечение; предельное состояние.

Keywords: probabilistic assessment; risk; standard profile; limit state.

В настоящей работе рассмотрен метод оценки риска разрушения нормального сечения железобетонной балки, армированной арматурой без её предварительного натяжения.

Алгоритм расчета основан на методе статистических испытаний, по которому осуществляется многократный расчет ситуаций нагружения конструкции. В каждом расчетном варианте прочностные характеристики материалов, постоянная и временная нагрузка принимаются

случайными, путем их генерирования на ЭВМ по статистическим характеристикам.

Оценивать возможность разрушения нормальных сечений, армированных арматурой без её предварительного натяжения будем в соответствии с положениями теории риска через вероятность реализации катастрофического состояния при достижении максимального изгибающего момента от расчетных нагрузок такого его значения, при котором может произойти обрушений балки. При расчете будем исходить из предположения, что прочностные характеристики бетона и арматуры, а также действующие нагрузки являются случайными. При этом будем считать постоянными форму и геометрические размеры поперечного сечения балок, диаметры арматурных стержней и их размещение.

Статистическое моделирование используется в случаях, когда нельзя построить аналитическую модель, как функциональную зависимость выходного параметра системы от входных параметров или когда реальные испытания системы оказываются дорогостоящими или их невозможно проводить по каким-либо причинам.

Суть метода заключается в замене эксперимента с реальной системой, экспериментом с ее математическим аналогом и имитацией работы системы. Данный метод состоит из трех этапов [1]:

1. Разработка и ввод в ЭВМ моделирующего алгоритма.
2. Генерирование входных случайных величин с заданными функциями и параметрами распределения и многократное повторение опытов.
3. Статистическая обработка результатов моделирования.

Как утверждается в исследовании [3 с. 158] распределения прочностных характеристик бетона и арматуры хорошо описываются нормальным законом. Статическое описание воздействий зависит от вида учитываемых в расчетах нагрузок. Для постоянных нагрузок используют закон Гаусса, который является подходящим при нормальных условиях эксплуатации.

Математические ожидания прочности бетона, арматуры и нагрузок принимаются по нормативным значениям сопротивления материалов и действующих нагрузок, исходя из обеспеченности $P = 0,95$. Для изгибаемых элементов конструкций в качестве критерия для расчетной оценки риска разрушения нормального сечения принимается резерв прочности по формуле 1.

$$\bar{S} = \bar{M}_u - \bar{M}_{max},$$

где: \widetilde{M}_u – случайные предельный изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением;

\widetilde{M}_{max} – случайные значения максимального изгибающего момента в нормальном сечении балки вблизи середины пролёта.

Для расчета случайного предельного изгибающего момента используется следующий алгоритм [4]:

Выбираются случайные значения прочности бетона и арматуры. С использованием гипотезы плоских сечений по первоначально заданной деформации наиболее сжатого волокна бетона находится деформация арматуры как функция высоты сжатой зоны бетона. Через принятые зависимости между напряжениями и деформациями бетона и арматуры записывают напряжения бетона и арматуры через неизвестную высоту сжатой зоны бетона. Высота сжатой зоны бетона определяется из условия равенства нулю суммы продольных сил в нормальном сечении балки. Рассчитав высоту сжатой зоны бетона, получают значение деформации арматуры. Затем проверяют максимальные деформации арматуры и наиболее сжатых волокон бетона на условие превышения максимальных значений и, если необходимо, корректируют. По полученному значению деформации наиболее сжатого волокна бетона находят предельный момент как изгибающий момент равнодействующих внутренних усилий относительно нейтральной оси сечения.

С помощью данного алгоритма определяются значения предельных изгибающих моментов M_u в соответствии со случайными параметрами прочности бетона и арматуры R_b , R_s . Выполненные многократно вычисления при разных случайных прочностных характеристиках материалов и значений нагрузки дают статистический ряд значений предельного момента и максимального изгибающего момента в нормальном сечении. Полученный ряд выравнивается с помощью вычислительных программ вероятностных расчетов.

Так как распределение предельных изгибающих моментов близко к нормальному закону, для его описания достаточно вычислить его числовые характеристики: средние и стандарты, в соответствии с которыми по закону Гаусса принимается распределение максимальных изгибающих моментов от постоянных и временных нагрузок [2; 3].

Ниже представлен алгоритм расчета риска разрушения балки в нормальном сечении при нормальном законе распределения прочностных характеристик бетона и арматуры:

Из исходных данных (геометрические размеры балки, модули деформации бетона и арматуры, параметры армирования, относительные деформации) определяются статистические характеристики по формулам 2 и 3:

$$m_F = F, m_b = \frac{R_{bn}}{1 - 1,64 \cdot v_b}, m_s = \frac{R_{sn}}{1 - 1,64 \cdot v_s},$$
$$\sigma_F = \frac{F_n \cdot (\gamma_{f-1})}{1,64}, \sigma_{1b} = v_b \cdot m_b, \sigma_{1s} = v_s \cdot m_s.$$

Затем генерируется массив из случайных значений прочности бетона, арматуры и нагрузки в соответствии с нормальным законом распределения.

Получают случайные значения нормативных нагрузок и сопротивлений бетона, соответствующих текущей итерации. В соответствии с трехлинейной диаграммой состояния сжатого бетона и двухлинейной диаграммой состояния сжатой арматуры выбираются деформации бетона и арматуры. Определяется предельный момент M_u в нормальном сечении по приведенному выше алгоритму. Определяется максимальный изгибающий момент в нормальном сечении M_{max} по формулам строительной механики. После перебора всех значений получают массив предельных моментов M_u и максимальных изгибающих моментов M_{max} . Определяются статистические характеристики. Определяется характеристика безопасности по формуле 4:

$$\beta = \frac{m_{R_{пред}} - m_{F_{max}}}{\sqrt{\sigma_{R_{пред}}^2 + \sigma_{F_{max}}^2}}$$

По формуле 5 определяется вероятность разрушения.

$$P_f = \Phi(-\beta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{-\beta} e^{-\frac{x^2}{2}} dx,$$

Список литературы:

1. Костин В.Н. Статистические методы и модели: учебное пособие // В.Н. Костин, Н.А. Тишина / – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 138 с.
2. Нгуен Динь Хоа, Применение теории риска для вероятностной оценки работоспособности балочных систем из железобетона, используемых в мостостроении: дис. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 2010 – 161 с.
3. Сафронов В.С. Вероятностная оценка риска возникновения предельных состояний в сечениях изгибаемых железобетонных балок // В.С. Сафронов, Нгуен Динь Хоа // Строительная механика – 2010. – № 1 (17) – С. 157–166.
4. Шапиро Д.М. Деформационный нелинейный расчет железобетонных балок таврового сечения [Текст] / Д.М. Шапиро, А.В. Агарков // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура – 2008. – № 1 (9) – С. 38–44.

МЕХАНИЗМ ОКУПАЕМОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В КОМПЛЕКСНОЕ ОБУСТРОЙСТВО УЧАСТКА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ М-4 «ДОН»

Лыкова Олеся Александровна

*канд. экон. наук, доц.,
Донской государственной технической университет, ДГТУ,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Забейворота Виктория Алексеевна

*студент, направление подготовки:
«Строительство уникальных зданий и сооружений»,
Донской государственной технической университет, ДГТУ,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Симакова Анастасия Анатольевна

*студент, направление подготовки: «Строительство
автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений»,
Донской государственной технической университет, ДГТУ,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Фарниева Марина Вячеславовна

*студент, направление подготовки: «Строительство
автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений»,
Донской государственной технической университет, ДГТУ,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

THE MECHANISM OF RECOUPMENT OF INVESTMENTS INTO THE COMPLEX ARRANGEMENT OF THE SECTION OF THE MOTOR ROAD M-4 "DON"

Olesya Lykova

*candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Don State Technical University, DSTU,
Russia, Rostov-on-Don*

Viktoriya Zabeivorota

*student, direction of training:
"Construction of unique buildings and structures",
Don State Technical University, DSTU,
Russia, Rostov-on-Don*

Anastasia Simakova

*student, direction of training:
"Construction of highways, airfields and special structures",
Don State Technical University, DSTU,
Russia, Rostov-on-Don*

Marina Farnieva

*student, direction of training:
"Construction of highways, airfields and special structures",
Don State Technical University, DSTU,
Russia, Rostov-on-Don*

Аннотация. Проведена оценка социально-экономической эффективности инвестиций в комплексное обустройство участка автомобильной дороги М-4 «Дон». По итогам анализа чувствительности проекта на основании финансово-экономического расчета были получены значения показателей чистого дисконтированного дохода, индекса доходности дисконтированных инвестиций, внутренней нормы доходности и срока окупаемости.

Abstract. The social and economic efficiency of investments in the complex development of the section of the M-4 Don highway was assessed. Based on the results of the sensitivity analysis of the project on the basis of the financial and economic calculation, the values of net discounted income, the discount rate of the discounted investment, the internal rate of return and the payback period.

Ключевые слова: социально-экономической эффективности инвестиций; эффективность проекта; внетранспортная составляющая; транспортная составляющая эффекта.

Keywords: social and economic efficiency of investments; Project efficiency; In-transport component; Transport component of the effect.

Автомобильные дороги отличаются высокой общественной значимостью, а инвестиции в строительство и реконструкцию автомобильных дорог могут привести к существенному изменению их социально-экономической эффективности.

Под эффективностью инвестиционного проекта понимается степень соответствия его результатов целям и интересам его участников, в качестве которых могут выступать как общество в целом, так и отдельные субъекты инвестиционной деятельности по данному проекту.

Существует три вида инвестиций в проекты дорожной отрасли, которые следует различать при оценке их эффективности: общественную, коммерческую и бюджетную.

Общественную эффективность следует рассчитывать при реализации народно-хозяйственных и крупномасштабных инвестиционных проектов, которые существенно влияют на экономическую, социальную и экологическую ситуацию в стране или отдельных регионах. К таким проектам относятся все объекты строительства и реконструкции автомобильных дорог общего пользования.

Расчет экономической эффективности был выполнен в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов», утвержденными Госстроем России (№ ВК 477 от 21.06.99), с применением отдельных положений «Указаний по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительство и реконструкцию автомобильных дорог» (ВСН 21-83 Ми- навтодора РСФСР).

Для оценки эффективности инвестиций в комплексное обустройство автомобильной дороги М-4 «Дон» – от Москвы через Воронеж, Ростов-на-Дону, Краснодар до Новороссийска на участке км 1459+805 – км 1542+215 в Краснодарском крае произведена с использованием следующих основных критериев: интегральный эффект или чистый дисконтированный доход (ЧДД), индекс доходности дисконтированных инвестиций (ИДД), внутренняя норма доходности (ВНД) и срок окупаемости (T_0).

Все виды рассматриваемых эффектов рассчитываются в системе электронных таблиц Microsoft Excel в текущих ценах на принятый двадцатилетний срок сравнения базового и проектного вариантов транспортно-экономической ситуации в рассматриваемом регионе.

Следует отметить, что показатель чистого дисконтированного дохода (ЧДД) рассматривается как основной критерий эффективности проекта, так как он интегрирует все без исключения: выгоды и затраты, связанные с реализацией проекта [1].

Стоимость намеченных работ и затрат в комплексное обустройство участка магистрали «Дон» определена в ценах 4 квартала 2014 года и составит 4 435,376 млн. рублей, в том числе с разбивкой:

по годам

2015 год – 1 995,919 млн.руб;

2016 год – 2 439,457 млн.руб;

Затраты на ремонт и содержание участка дороги рассчитаны в соответствии с Нормативами денежных затрат на содержание и ремонт автомобильных дорог федерального значения и Правилами расчета денежных затрат на содержание и ремонт автомобильных дорог федерального значения утвержденным постановлением Правительства РФ от 23.08.07 № 539.

Нормативы учитывают полный комплекс наиболее распространенных работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог, своевременное выполнение которых необходимо в соответствии с действующими нормативами.

В расчете учтены дополнительные затраты в период проведения работ по комплексному обустройству рассматриваемого участка магистрали «Дон» под движением.

Расчеты отдельных составляющих экономического эффекта от реализации проекта произведены в соответствии со следующими основными исходными данными:

- существующие и ожидаемые на перспективу размеры транспортных потоков по каждому из участков рассматриваемой дороги, рассчитанные по двум сценариям – «без проекта» и «с проектом» и дифференцированные по видам транспорта;
- данные о существующем техническом состоянии рассматриваемого участка дороги и участков примыкающих к ней автомобильных дорог;
- проектируемое состояние рассматриваемого участка дороги;
- горизонт планирования принят в интервале от 2015 до 2037 года, т. е. от начала производства работ до момента окончания расчетного срока назначения параметров по действующим нормативам на проектирование дорог и их элементов;
- расчет эффективности выполнен для основного (базисного) сценария развития при норме дисконта принятой на уровне ставки рефинансирования Центробанка России без учета влияния инфляции;
- корректирующий коэффициент для расчета составляющих внутранспортного эффекта, определенный с учетом влияния проведенных мероприятий по комплексному обустройству рассматриваемого участка магистрали «Дон» км 1459+805 – км 1542+215 на скорость, составит для грузового движения – 0,52, для легкового движения – 0,40 и автобусного движения – 0,53.

Ожидаемый экономический эффект, получаемый пользователями автомобильной дороги в результате реализации проектных решений, складывается из транспортного эффекта и внутранспортного в сфере материального производства и социальной сфере.

Транспортная составляющая эффекта складывается из эффекта, полученного от сокращения транспортно-эксплуатационных затрат вследствие снижения себестоимости пробега автомобилей на 1 км, который определен в соответствии с «Методикой оценки и расчета нормативов социально-экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий», Р-03112199-0502-00 (Трансконсалтинг, Москва, 2001). Так же к транспортной составляющей относят эффект от сокращения капитальных вложений в автомобильный транспорт и ежегодных дополнительных капитальных вложений, обеспечивающих прирост объема перевозок грузов. (Таблица 1).

Таблица 1.

Себестоимость пробега автомобилей в существующих условиях и проектных условиях на первый год после реализации проекта

Вид транспорта	Себестоимость пробега автомобилей на 1 км, руб.	
	существующие условия	проектируемые условия
грузовые	19,62	15,89
легковые	11,52	8,45
автобусы	14,80	11,64

Внутранспортная составляющая эффекта складывается из эффекта от улучшения дорожных условия в сфере материального производства, эффекта в социальной сфере, сфере здравоохранения, эффекта от повышения занятости населения и социально-экономического эффекта. Последний учитывает сокращение времени пребывания пассажиров в пути вследствие повышения скоростей движения при условии комфортности движения. Внутранспортный эффект был определен в соответствии с «Руководством по учету внутранспортного эффекта в дорожных проектах» (НИЦКТП, Москва, 1997). Средняя величина потерь в расчете на 1 чел.-час пребывания в пути, включая потери от транспортной усталости, составляет 51,3 руб.

Комплексное обустройство участка магистрали «Дон» улучшит условия движения транспорта по нему и обусловит сокращение ущерба от ДТП.

Результаты расчетов стоимостных показателей эффекта (суммарных выгод) на первые два года эксплуатации участка магистрали «Дон» км 1459+805 – км 1542+215 приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты расчетов стоимостных показателей

Наименование составляющих эффекта	Стоимостные показатели эффекта, млн.руб/процент к итогу	
	2017 год	2018 год
ВСЕГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА	3 779,704/100	2 369,445/100
Транспортная составляющая, всего в том числе:	2 301,440/60,9	839,442/35,4
вследствие снижения себестоимости перевозок	445,605/11,18	774,809/32,7
эффект от сокращения капитальных вложений в автомобильный транспорт	1 855,835/49,1	-/-
ежегодные дополнительные капитальные вложения в автомобильный транспорт, обеспечивающий прирост объема перевозок грузов	-/-	64,633/2,7
Внетранспортная составляющая, всего из них:	1 478,264/31,9	1 530,003/64,6
<i>в материальной сфере</i> , всего в том числе:	314,802/8,3	325,820/13,8
в промышленности	181,426/4,8	187,776/7,9
в сельском хозяйстве	19,985/0,5	20,684/0,9
в строительстве	113,391/3,0	117,360/5,0
<i>в социальной сфере</i> , всего в том числе:	1 163,462/30,8	1 204,183/50,8
в сфере торговли и обслуживания	355,292/9,4	367,727/15,5
в здравоохранении	200,324/5,3	207,335/8,7
от повышения занятости населения	200,301/5,3	207,312/8,7
от экономии времени пассажиров в пути	267,579/7,1	276,944/11,7
от предотвращения ДТП	113,387/3,0	117,356/5,0
от сохранения места жительства	11,460/0,3	11,861/0,5
в сфере экологии	15,119/0,4	15,648/0,7

При проведении анализа чувствительности проекта выявляются возможные отклонения основных показателей эффективности проекта в зависимости от различных сценариев его реализации. Для проведения анализа чувствительности показателей эффективности проекта к изменению варьируемых факторов выявляется влияние на проект основных характеристик: ставки дисконтирования, интенсивности движения, общей суммы стоимости проекта и срока производства работ [2]. При разработке различных сценариев реализации проекта за основу принят базисный вариант (норма дисконта – 10 %). Каждый из вышеперечисленных факторов варьируется от базисного варианта.

Для учета факторов риска и неопределенности использованы следующие методы [4–5]:

- метод корректировки нормы дисконта, предусматривающий величину премии на риск в размере 5 % и 10 %;
- метод анализа чувствительности показателей эффективности, отражающий оценку степени влияния основных параметров инвестиционного проекта на его результирующие показатели (Таблица 3).

Таблица 3.

Основные показатели эффективности инвестиций

Наименование показателя	Значение показателя при норме дисконта		
	10 %	15 %	20 %
Чистый дисконтированный доход (ЧДД), млн.руб	22 055,318	14 386,512	9 911,349
Индекс доходности дисконтированных инвестиций (ИДД)	6,345	4,975	3,882
Внутренняя норма доходности (ВНД)	85,5		
Срок окупаемости, лет	2,6	2,7	2,8

Согласно приведенным расчетам положительная величина интегрального эффекта при норме дисконта 10 %, 15 % и 20 % подтверждает целесообразность и экономическую эффективность инвестиций в комплексное обустройство участка и свидетельствует об устойчивости (низкой чувствительности) к возможным изменениям экономических показателей, сопровождающих реализацию настоящего проекта.

Для анализа чувствительности проекта к изменениям основных его внутренних параметров (стоимость обустройства строительства, увеличение срока комплексного обустройства до 4 лет и снижение темпов роста интенсивности движения) проведены финансово-экономические расчеты, результаты которых приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Финансово-экономические расчеты

Наименование показателя	Значение показателя при норме дисконта 10 %		
	Увеличение стоимости на 10 %	Увеличение срока производства работ на 2 года (до 4-х лет)	Снижение темпов роста интенсивности движения на 0,5 %
Чистый дисконтированный доход (ЧДД), млн.руб	21 633,957	18 805,867	20 741,715
Индекс доходности дисконтированных инвестиций (ИДД)	6,078	6,443	6,403
Внутренняя норма доходности (ВНД)	75,8	57,0	83,5
Срок окупаемости, лет	2,8	4,5	2,7

Согласно приведенным расчетам изменение основных параметров инвестиционного проекта в наиболее вероятных диапазонах изменения не приводит к отрицательным значениям чистого дисконтированного дохода, что свидетельствует об устойчивости проекта к изменениям его внутренних параметров [3].

Таким образом, реализация данного проекта характеризуется положительным социально – экономическим эффектом инвестиций. Проект обеспечивает высокие показатели чистого дисконтированного дохода и внутренней нормы доходности.

Список литературы:

1. Лыкова О.А., Шелкунов Р.Б. Современное формирование автодорожной сети на основе инновационного развития дорог регионального значения. Инновационное развитие российской экономики: материалы IX Международной научно-практической конференции, РЭУ им. Г.В. Плеханова - Москва, 2016 Вып. 1 – С. 308–312.

2. «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов» утв. Минэкономики РФ, Минфином РФ, Госстроем РФ 21.06.1999 N ВК 477.
3. «ВСН 21-83. Ведомственные строительные нормы. Указания по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительство и реконструкцию автомобильных дорог», утв. Минавтодором РСФСР 18.05.1983.
4. «Методика оценки и расчета нормативов социально-экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий», Р-03112199-0502-00, Трансконсалтинг- Москва, 2001.
5. «Руководство по учету внутранспортного эффекта в дорожных проектах», НИЦКТП- Москва, 1997.

АНАЛИЗ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТЕРЖНЕВОЙ СИСТЕМЫ ПОКРЫТИЯ ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ ОБРУШЕНИЮ

Луптаков Руслан Игоревич

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

ANALYSIS OF SPATIAL ROD RESISTANCE OF THE COATING SYSTEM OF PROGRESSIVE COLLAPSE

Ruslan Luptakov

*master, Academy of Civil Engineering and Architecture
Don State Technical University, Russia,
Rostov-on-Don*

Аннотация. В настоящее время строится большое количество спортивных сооружений с использованием большепролетных покрытий. В статье анализируются сопротивление большепролетной пространственной конструкции прогрессирующему обрушению.

Abstract. Currently under construction, a large number of sports facilities with the use of the fabric coatings. The article analyzes the resistance of long-span spatial structures progressive collapse.

Ключевые слова: прогрессирующее обрушение, стальные конструкции, расчет прогрессирующего обрушения, сопротивления, отказ.

Keywords: progressive collapse, steel constructions, structural analysis of progressive collapse, structural failure.

Вопрос надежности строительных конструкций, является главной задачей для инженера. В практике проектирования сооружений для того, чтобы учесть непроектные воздействия (пожар, террористические акты, чрезвычайные ситуации и так далее) и минимизировать разрушения, можно воспользоваться расчетом на прогрессирующее обрушение [3; 18].

Стоит отметить, что расчет на прогрессирующее обрушение в современной практике не является новым, однако ситуацию усугубляет отсутствие четких требований в строительных нормах к методике расчета пространственных стальных конструкций на прогрессирующее разрушение [4; 21].

В рамках анализа выполнялся расчет большепролетного стержневого покрытия пролетом 49 м и длиной 54 м. Термин большепролетная конструкция в нормах отсутствует, есть определение уникального сооружения – это конструкция пролетом более 100 м [1; 122]. Однако в [2; 14] сказано, что к большепролетным системам относятся конструкции с пролетом свыше 36 м. Отметим, что под такие параметры попадают не только уникальные здания, но и большое количество рядовых сооружений (спортивные, торгово-развлекательные и т. д.).

Расчет сопротивляемости прогрессирующему обрушению проводился по прямому методу, суть которого заключается в изъятии из расчетной схемы одного или нескольких элементов, связей и анализе оставшейся конструкции к ее способности перераспределять дополнительно возникающие усилия [5; 91]. Этот метод позволяет получить количественную оценку внутренних усилий в конструкции и путей развития цепочки отказов, спровоцированных первоначальным повреждением. Тем самым выполняется задача оценки подверженности конкретной конструкции прогрессирующему обрушению, а также к оценке напряженно-деформированного состояния, достигнутого в результате удаления одного или нескольких элементов, связей.

Была создана конечно-элементная модель большепролетного стального покрытия в программном комплексе STARK_ES (рис. 1). Учтены единичные нагрузки равномерно распределенные по узлам верхних поясов ферм.

Конечными элементами были выбраны объемные стержни (3D – элементы).

Результаты расчета на прогрессирующее обрушение.

Из модели удалялись элементы усилия в которых достигли предельных значений, их объединяли в группы по типу. На первом этапе из схемы исключены элементы нижнего пояса фермы под номером 432 при $N_{\min} = -93,55 \cdot P_{\text{внеш}}$. Первая группа элементы нижнего пояса. Вторая группа элементы верхнего пояса. Третья группа второстепенные элементы (связи).

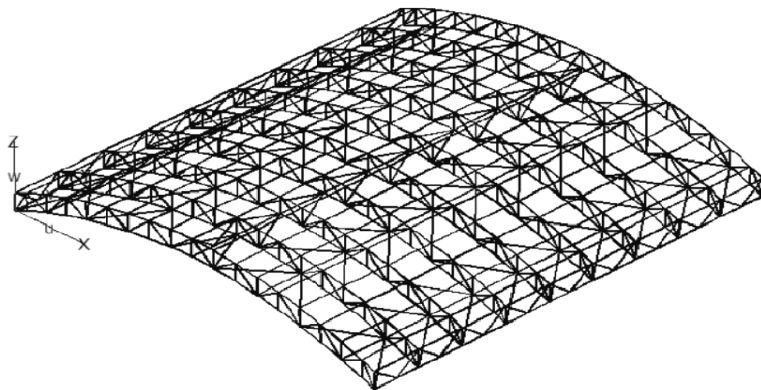


Рисунок 1. Конечно-элементная модель покрытия

В последующем из конструкции последовательно выбывали элементы верхнего пояса покрытия, что привело к резкому увеличению усилий и перемещений конструкции от внешней нагрузки (рис. 2): 311 при $N_{\min} = -324,92$; 381 при $N_{\min} = -348,91$; 451 при $N_{\min} = -370,8$ и связи под номерами: 1035 при $N_{\min} = -364,1$; 1046 при $N_{\min} = -375,4$; 1059 при $N_{\min} = -444,87$.

На диаграмме (рис. 3) представлена зависимость изменения деформации ($f_{\text{мм}}$) конструкции от числа (n) выбывших из системы элементов.

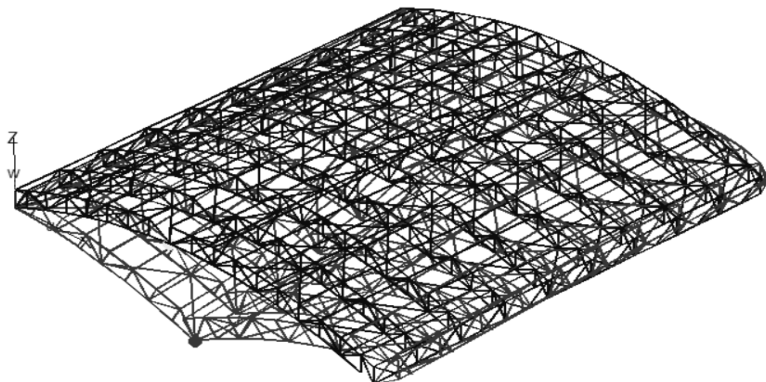


Рисунок 2. Перемещение конструкции при полном исчерпании несущей способности

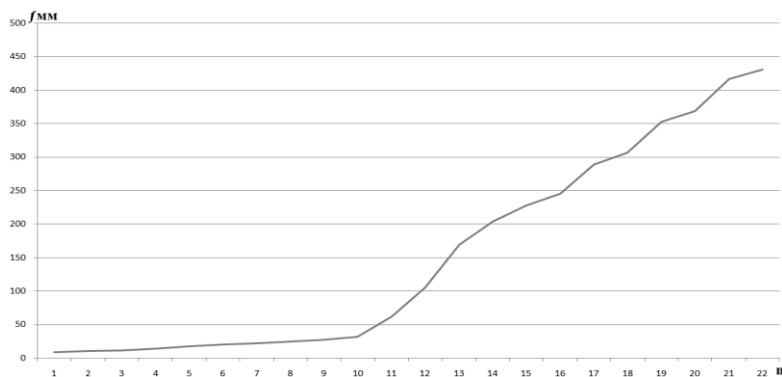


Рисунок 3. Диаграмма зависимости деформации от количества выбывших элементов

Вывод:

Последовательное развитие процесса разрушения конструкции покрытия рассмотрено на всех этапах расчета, критерием оценки является усилия, напряжения в элементах конструкции и деформации всей системы. Следует учитывать, что при нарастании деформации системы появляются искривления отдельных строжней, что приводит к появлению дополнительных усилий, в том числе местных изгибающих моментов. Стоит отметить значимость связевых элементов, так как при отказе нижнего или верхнего поясов, они обеспечивают восприятие нагрузки.

Список литературы:

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации. от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 07.03.2017). – Москва. 2017.
2. МДС 20-2.2008. Временные рекомендации по обеспечению безопасности большепролетных сооружений от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях. ФГУП «НИЦ «Строительство». – Москва. 2008.
3. Перельмутер А.В., Криксунов Э.З., Мосина Н.В. Реализация расчета монолитных жилых зданий на прогрессирующее (лавинообразное) обрушение в среде вычислительного комплекса "SCAD Office". Инженерно-строительный журнал № 2. – Екатеринбург. 2009.
4. Руденко Д.В. Защита каркасных зданий от прогрессирующего обрушения. Диссертация. СПбУ. – Санкт-Петербург. 2009.
5. Тестоедов П.С., Трянина Н.Ю. Исследования вопросов живучести стальной сетчатой оболочки инженера В.Г. Шухова. НН.: ННГАСУ. – Екатеринбург. 2014.

МНОГОПОЯСНЫЕ ТРОСОВЫЕ СИСТЕМЫ – ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Сериков Евгений Александрович

студент, направление подготовки:

*«Строительство уникальных зданий и сооружений»,
Донской государственный технический университет, ДГТУ,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Забейворота Виктория Алексеевна

студент, направление подготовки:

*«Строительство уникальных зданий и сооружений»,
Донской государственный технический университет, ДГТУ,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

MULTI-LAYER CABLE SYSTEMS – ADVANCED TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION OF UNIQUE BUILDINGS AND STRUCTURES

Evgeniy Serikov

*a fourth-year student, “Construction of unique buildings and structures”,
Don State Technical University, DSTU,
Russia, Rostov-on-Don*

Viktoriya Zabeivorota

*a fourth-year student, “Construction of unique buildings and structures”,
Don State Technical University, DSTU,
Russia, Rostov-on-Don*

Аннотация. Современные жители крупных мегаполисов сталкиваются с рядом проблем, связанных с уплотнением городской застройки. В статье в ходе исследования современных методов строительства выявляется технология, позволяющая решить данную проблему.

Abstract. Modern urban people face many problems of dense city construction. The article gives the modern construction methods research and reveals the technology for solving the given problem.

Ключевые слова: город под куполом; атриум; вантовые сооружение; большепролетное покрытие; многопоясная тросовая система; уникальные здания и сооружения; зеленое строительство.

Keywords: domed city; atrium; cable-stayed construction; large-span shell; multi-layer cable system; unique buildings and constructions; green construction.

В эпоху глобализации растут темпы формирования сконцентрированного проживания людей в отдельных точках пространства. Наше общество начинает осознавать пагубность этого процесса, но городская архитектура продолжает следовать по пути создания высотных проектов и уплотнения городской застройки. Решение этой проблемы кроется в возведении «городов под куполом».

В условиях быстрого технологического прогресса реализация подобных проектов становится возможной.

Со второй половины XX века строительная индустрия в СССР, США и некоторых других странах уже серьезно работала над возможностью обеспечить защиту своих городов большими

светопрозрачными куполами от: опасных явлений природы, излишнего уровня солнечного излучения и других, пагубных для человека воздействий внешней среды. За последние годы к списку факторов можно добавить: непредсказуемые изменения климата на планете, загрязнение окружающей среды, а также желание людей снизить высокую энергозатратность жизнедеятельности.

Изначально повсеместно применяли металлоконструкции. Со временем стало понятно, что они приносят много проблем при строительстве большепролетных атриумов, так как сложны, громоздки, металлоёмки, а, значит, дороги [1].

В 2012 году российскими инженерами была разработана концепция строительства большепролетных светопрозрачных зданий и сооружений с использованием многопоясных тросовых систем [2]. В основе идеи заложены известные принципы вантовых конструкций. Применение вантовых конструкций наиболее ярко отражено в основе самого большого шатра в мире: «Хан Шатыр», построенного в столице Казахстана, г. Астане. (Английский архитектор Норман Фостер).

Это архитектурное сооружение сделано из прозрачного материала, подвешенного на сети вант, прикреплённых к шпилью высотой 150 метров. Сооружение обладает 200 метровым эллиптическим основанием, а его общая площадь составляет 140 тысяч квадратных метров. Под шатром расположен семейный парк, площадью большей, чем 10 футбольных стадионов, торгово-развлекательная площадка с мощёными улицами, река, по которой можно кататься на лодках, шоппинг центр, площадка для минигольфа и искусственный песчаный пляж. Площадь покрытия (20 тыс. кв. м.) выполнена из светопрозрачных «подушек» ETFE (сополимер тетрафторэтилена и этилена), который в 100 раз легче стекла, не горюч, принимает любую нужную форму. ETFE пропускает внутрь солнечный свет, который вместе с искусственными системами подогрева и охлаждения воздуха, поддерживает комфортную температуру внутри шатра – от 15 до 30 градусов, в то время как на улице температура варьирует от -35 до 35 градусов.

Чтобы зимой не образовывался конденсат, три полупрозрачных слоя ETFE покрытия обдуваются тёплым воздухом. Летом тонировка самого внешнего слоя защищает центр от яркого солнца. Кондиционирование воздуха обеспечивается благодаря внутренним соплам и воздушным закрылкам на вершине тента [3].

Но висячие вантовые конструкции имеют ряд недостатков: не обеспечен нужный уклон кровли здания, что создаёт дополнительные трудности с отводом атмосферных осадков с покрытия. Кроме этого, создавая очень значительные горизонтальные нагрузки в высоких

опорах, вантовые конструкции вынуждают строителей решать эту проблему дополнительными финансовыми вложениями в мощные контрфорсы для этих нагрузок. Но самым основным недостатком висячих конструкций является их большая деформативность под действием местных нагрузок [4].

Благодаря технологии многопоясных тросовых систем удалось преодолеть перечисленные недостатки большепролетных вантовых покрытий.

Достаточно представить конструкцию большепролетного покрытия, перекрывающую пролёт между двумя высотными зданиями, под которой натягивают высокопрочные стальные тросы в несколько поясов от одного здания до другого. Между поясами получившейся системы устанавливают распорные стойки, а между соседними тросами во всех поясах тросовой системы – распорки и/либо расстяжки. Так получается двояковыпуклая многопоясная тросовая система.

Благодаря такой конструкции это покрытие будет способно воспринимать дополнительные нагрузки. Неизменяемость под действием всех расчётных нагрузок достигается догрузением на требуемую величину с помощью оттяжек-пригрузов, прикрепленных к фундаменту.

Преимущества многопоясных тросовых систем в сравнении с современными техническими решениями очевидны: значительная прочность и надежность, превосходная несущая способность, легкость конструкций, возможность перекрывать существенно большие пролеты (250–300 м. и более), лучшая светопропускная способность покрытия, в несколько раз меньшая металлоемкость конструкций и, как следствие, относительно невысокая стоимость покрытия.

Надо отметить, что данная технология позволяет строить самые разнообразные по объему, форме и назначению сооружения. Это могут быть: невиданные по размерам ангары, крытые футбольные стадионы, жилые кварталы под светопрозрачной оболочкой, стеклянные пирамиды и купола высотой до 500 м.

Эффективным и оптимальным первоначальным вариантом для квартальной функциональной застройки может послужить правильная четырехугольная пирамида высотой 200 м. и размерами основания 300х300 м.

В таком «городе под куполом» разумно иметь лишь 320–450 тыс. кв. м полезных площадей (надземных), занятых под коммерческую и/или жилую недвижимость и расположенных, в основном, в опорных зданиях этого светопрозрачного комплекса. Остальной объем сооружения (более 4,0 млн. куб.м.) – это многофункциональные атриумы.

Многопоясные тросовые системы, перекрывающие пролет между опорными сооружениями, наклонены за счет разницы высот и являются основой для размещения поверх них светопрозрачного покрытия, выполненного с возможностью раздвигаться или открываться. Оттяжки-пригрузки обеспечат тросовому покрытию необходимую жесткость и устойчивость к восприятию всех расчётных нагрузок. Многопоясные тросовые покрытия стадионов – простая и надежная конструкция светопрозрачного покрытия, которая может обеспечивать лучшую инсоляцию арены, чем на крытых стадионах.

Благодаря созданию таких городов появится возможность освоения и разработки перспективных районов, что ранее было затруднено из-за климата.

В жарком климате защитные светопрозрачные сооружения за счёт солнечных батарей будут обеспечены необходимой для сооружения электроэнергией. Специальные системы затенения, светоотражения позволят экономить значительные энергоресурсы на кондиционировании воздуха. А районы крайнего севера и Сибири станут оазисами комфортного микроклимата, цветущими вечнозелеными садами в окружении вьюг и морозов.

Данная концепция строительства сделает наши города экологически благоприятными. На смену автомобилям придут миниэлектромобили, велосипеды, движущиеся дорожки, наклонные лифты или другие виды внутреннего транспорта. Улицам вернется их былая актуальность и востребованность, как вновь созданное привлекательное во многих отношениях общественное пространство.

Большепролетное светопрозрачное покрытие позволит объединить под одной крышей жилые, детские, образовательные, офисные, научные, торговые, спортивные и др. помещения, учреждения и здания, построенных за пределами крупных городов. Это предоставит новые рабочие места для населения мегаполисов и снизит чрезмерную плотность населения на небольших территориях этих городов.

Нельзя обойти стороной взаимопроникновение природы и человека. С одной стороны, архитектура будет неизбежно проникать в природу, а с другой – и сама природа начнёт активно проникать внутрь огромных рукотворных светопрозрачных пространств. Живая природа, занимая специально подготовленное для неё место, будет создавать целые экосистемы, сможет качественно наполнить собой архитектурные объекты будущего.

В ходе исследования данного вопроса помимо положительных особенностей были также выявлены недостатки и проблемы, которые затрудняют реализацию данной концепции строительства. Это, в первую очередь, высокая сложность строительства, что влечет за собой создание необходимых новых производственных мощностей, строительных материалов и оборудования. Явно ощутима нехватка специалистов в области строительства подобных уникальных сооружений.

Безусловно, что за этими сооружениями будущее. Ожидаемый сингулярный скачок в развитии технологий и экономики повысит стремление к созданию экосистем-городов с притягательной комфортностью среды обитания. Весь мировой исторический опыт последних десятилетий приводит к этому выводу.

Список литературы:

1. Алексеев С.П. Атриумные здания и сооружения // Деловой Петербург: сетевой журнал. 2012. URL: <http://blog.dp.ru/post/4003/> (Дата обращения: 20.02.2016).
2. Пат.016435 – Защитное сооружение с большепролетным светопрозрачным покрытием – 2012 г.
3. Хан Шатыр в Казахстане – самый высокий шатер в мире // Интересные новости: сетевой журн. 2014. URL: <http://www.funpress.ru/travel/663-han-shatyr-v-kazahstane-samyu-vysokiy-shater-v-mire.html> (Дата обращения: 10.03.2016).
4. Федулов В.К., Суладзе М.Д., Артемова Л.Ю. Вантовые покрытия. – М.: МАДИ, 2014. С. 4.
5. «Повестка дня на XXI век» – Конференция ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 1992 г.

**ЛЕВОБЕРЕЖНАЯ МАГИСТРАЛЬ –
КЛЮЧЕВОЙ ОБЪЕКТ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЧМ – 2018 Г.
В РОСТОВЕ-НА-ДОНУ**

Симакова Анастасия Анатольевна

*студент, направление подготовки: «Строительство
автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений»,
Донской государственной технической университет, ДГТУ,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Фарниева Марина Вячеславовна

*студент, направление подготовки: «Строительство
автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений»,
Донской государственной технической университет, ДГТУ,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

Забейворота Виктория Алексеевна

*студент, направление подготовки:
«Строительство уникальных зданий и сооружений»,
Донской государственной технической университет, ДГТУ,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

**THE LEFT-BANK MAINLINE IS THE KEY
INFRASTRUCTURE OF THE WORLD CUP 2018
IN ROSTOV-ON-DON**

Anastasia Simakova

*student of the 4th year, direction of training:
"Construction of highways, airfields and special structures",
Don State Technical University, DSTU,
Russia, Rostov-on-Don*

Marina Farnieva

*student of the 4th year, direction of training:
"Construction of highways, airfields and special structures",
Don State Technical University, DSTU,
Russia, Rostov-on-Don*

Viktoriya Zabeivorota

*student of the 4th year, direction of training:
"Construction of unique buildings and structures",
Don State Technical University, DSTU,
Russia, Rostov-on-Don*

Аннотация. В 2018 году в городе Ростове-на-Дону пройдет чемпионат мира по футболу. Для этого события ведется постройка левобережной магистрали в пойменной части реки Дон на слабых водонасыщенных грунтах. Реализация данного проекта повысит надежность транспортных связей за счет перераспределения потоков между центральной деловой зоной города.

Abstract. In 2018, the World Cup will be held in Rostov-on-Don. For this event, construction of the left-bank highway in the floodplain part of the Don River on weak water-saturated grounds is underway. The implementation of this project will increase the reliability of transport links through the redistribution of flows between the central business zone of the city.

Ключевые слова: чемпионат мира; транспортная инфраструктура; левобережная магистраль; ключевой объект.

Keywords: the world championship; transport infrastructure; left-bank highway; key object.

Город Ростов-на-Дону, как один из городов-хозяев чемпионата мира по футболу 2018 года, осуществляет всестороннюю подготовку к этому событию. Одним из основных направлений подготовки является подготовка объектов городской транспортной инфраструктуры, при этом основная ключевая цель транспортного плана - максимизация пропускной способности транспортной инфраструктуры и гибкость управления транспортом.

Чемпионат мира по футболу 2018 года активизировал развитие городской дорожной инфраструктуры. Одно из направлений – это развитие транспортной инфраструктуры Левобережной зоны.

Одним из ключевых объектов подготовки является строительство новой 4-полосной магистрали общегородского значения от Южного въезда (район Гребного канала) вдоль Южной трибуны стадиона до ул. Левобережной (Рисунок 1).



Рисунок 1. Проект левобережной магистрали и развития территории

Протяженность магистрали составляет 2,7 км, общая протяженность эстакад – 836 м, длина подпорных стен – 161 м, объем насыпи – 980 тыс. м³. Делать дорогу начали в декабре 2014 года и планируется сдать данный объект в декабре 2016-го. Стоимость работ по строительству данного объекта составляет 2,9 млрд рублей.

Главной особенностью данного объекта является проведение строительных работ в пойменной части реки Дон на слабых водонасыщенных грунтах, в связи с чем активно применяются новые современные технологии, которые использовались при подготовке инфраструктуры к проведению олимпиады в городе Сочи (Рисунок 2).



Рисунок 2. Устройство насыпи земляного полотна

В настоящее время завершены работы в пойменной части реки Дон по отсыпке рабочей платформы, устройству насыпи земляного полотна. Выполнены работы по устройству вертикальных песчаных дрен (свай) в объеме 9500 шт. диаметром 600 мм, глубиной 12 метров (Рисунок 3). Для повышения надежности и долговечности земляного полотна в нижней и верхней частях уложено более 70 тысяч квадратных метров прослойки из нетканного геотекстильного материала типа «Дорнит».



Рисунок 3. Работы по сборке конструкции эстакады

Ведется строительство 2 сталежелезобетонных и 2 бетонной эстакад, общей протяженностью 836 п.м. (забито более 1100 свай, установлена 21 опора, смонтировано 8 пролетных строений общей протяженностью более 120 метров), так же ведется устройство подпорных стен подхода к эстакаде общей протяженностью 161 м. Также выполнены работы по переносу линий связи, защите канализационного коллектора, выносу линий электроснабжения, переустроены водопроводные сети, ведутся работы по переврезке 3-х газопроводов, вынесенных по постоянной схеме и выполнены работы по укреплению откосов насыпи земляного полотна. Уложено около 4000 м² железобетонных плит. В 100 % объеме смонтирована дождевая сеть на съезде № 6 в районе ТЦ «Мегамаг», подготовлены фундаментные части и в настоящее время ведется монтаж 3-х очистных сооружений с выпуском в пойменную часть.

На сегодняшнее время на строительство магистрали уже освоено 1,9 млрд рублей, что составляет 65,5 % от общего объема финансирования.

Современные технологии, высокая производительность и профессионализм коллектива позволяют вести работы в соответствии с графиком.

Реализация данного проекта повысит надежность транспортных связей за счет перераспределения потоков между центральной деловой зоной города, Южным подъездом и спортивно-рекреационной зоны стадиона и обеспечит подъезд транспорта и подходы к новому стадиону.

Стоит так же отметить, что строительство Левобережной магистрали относится к числу стратегических направлений развития дорожно-транспортной инфраструктуры Ростовской агломерации «Большой Ростов». Именно развитая сеть автодорожного комплекса представляет основу опорного транспортного каркаса региона

Список литературы:

1. Гордиенко К.С., Никонова Я.И. Развитие транспортной инфраструктуры РФ // Международный студенческий вестник 2015 № 3-4.
2. Лыкова О.А., Шелкунов Р.Б. Современное формирование автодорожной сети на основе инновационного развития дорог регионального значения. Инновационное развитие российской экономики: материалы IX Международной научно-практической конференции, РЭУ им. Г.В. Плеханова – Москва, 2016 Вып. 1 – С. 308–312.
3. «ВСН 21-83. Ведомственные строительные нормы. Указания по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительство и реконструкцию автомобильных дорог», утв. Минавтодором РСФСР 18.05.1983.
4. «Фоторепортаж строительства Левобережной магистрали к «ЧМ-2018» от 30.05.2017 г.» <http://privet-rostov.ru>.

АНАЛИЗ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА БЕЗБАЛОЧНЫХ ПЛИТ НА ПРОДАВЛИВАНИЕ

Аксенов Николай Борисович

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

Трофимова Виктория Михайловна

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

ANALYSIS OF METHODS OF CALCULATION OF THE BEAMLESS SLABS FOR PUNCHING

Nikolay Aksenov

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

Victoria Trofimova

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

Аннотация. Данная статья посвящена анализу методики расчета безбалочных плит на продавливание. Рассматривается усиление железобетонной плиты путем установления поперечной арматуры. Выявлено, что установка арматуры является наиболее эффективным методом усиления.

Abstract. This article is devoted to analysis of methods of calculation of the beamless slabs for punching. We considered strengthening reinforced concrete slabs by setting the transverse reinforcement. It is revealed that the installation of reinforcement is the most effective method of strengthening.

Ключевые слова: поперечная арматура; плитная конструкция; продавливание; усиление; железобетонная плита; несущая способность.

Keywords: shear reinforcement; slab design; punching shear; strengthening; reinforced concrete slab; bearing capacity.

В плитной конструкции сосредоточенной силой может выступать наличие опоры (колонны, сваи). Поэтому плиты перекрытия, фундаментные плиты и плитные ростверки необходимо проверять на продавливание, т. к. нагрузка концентрируется в определенном месте и стремится «продавить» конструкцию.

Сосредоточенная сила пытается выдавить под собой кусочек плиты. Давление от силы F распределяется по площадке, которая является верхним основанием пирамиды продавливания (на рисунке показано черным). Усилие расширяется в железобетоне под углом 45° . Следовательно, сила выдавит участок плиты, имеющей форму усеченной пирамиды. Нижнее основание показано на рисунке бордовым цветом [2].

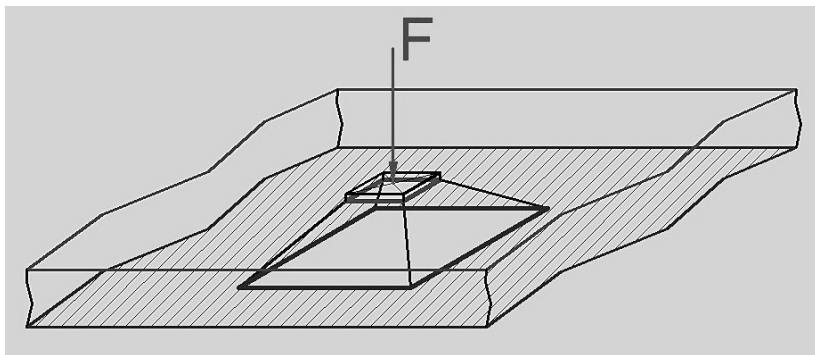


Рисунок 1. Продавливание плитной конструкции

Существуют 3 способа усиления плит на продавливание:

- 1 способ – усиление путем увеличения рабочей толщины плиты;
- 2 способ – усиление путем увеличения площади опирания плиты;
- 3 способ – усиление путем постановки поперечной арматуры.

Недостатками первого и второго способов усиления являются: трудоемкость работ, увеличение нагрузки на плиту от веса набетонки, а также уменьшение полезного объема помещения.

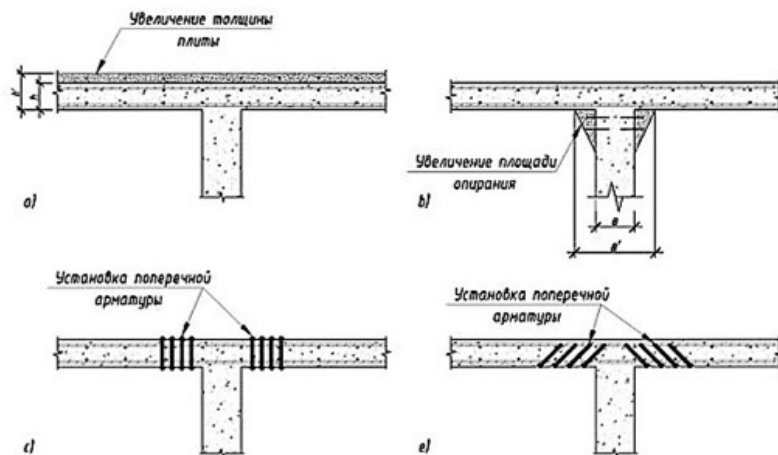


Рисунок 2. Основные способы усиления плит на продавливание:
а) путем увеличения толщины плиты; б) путем увеличения площади опирания плиты, с и е) путем установки поперечной арматуры

Преимущества третьего способа является небольшие затраты времени на выполнение работ, низкая стоимость, отсутствие конструкций, которые снижали бы полезный объем помещения [3, с. 11–12].

Прочность на продавливание согласно расчетной модели определяется вдоль расчетного критического периметра. Для круговых и прямоугольных в плане площадей приложения местной нагрузки критический периметр отстоит на расстоянии $1,5d$ от внешней грани.

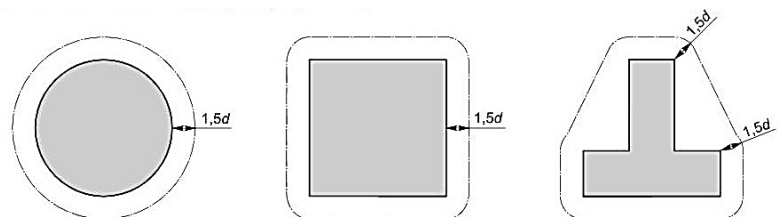


Рисунок 3. Критический периметр для площадей приложения местной нагрузки, удаленных от свободных краев плиты и отверстий

Расчетной (критической) площадью называется площадь, которая заключена внутри расчетного (критического) периметра.

Критическое сечение – это такое сечение, которое продолжает критический периметр в пределах рабочей высоты плиты d . Оно перпендикулярно к срединной плоскости (для плит с постоянной высотой), перпендикулярно к наиболее растянутой грани (для плит с переменной высотой) [4, с. 72–73].

Размер и вид критической области строго определен нормами. Эта область определяется по формуле:

$$A = u * d,$$

где: A – критическая область;

u – длина критической окружности;

d – эффективная высота сечения плиты.

Для определения предельной максимальной силы продавливания используют формулу:

$$Q_{adm} = \tau * A,$$

где: Q_{adm} – допускаемая сила продавливания;

τ – допускаемое напряжение;

A – критическая площадь.

Проверку прочности на продавливание необходимо выполнять из условия, что толщина конструкции будет достаточной для восприятия бетоном перерезывающей силы, которая вызвана нагрузкой от продавливания. При недостаточной прочности бетона необходимо устанавливать капители и дополнительное армирование [4, с. 75].

На рисунке 4 изображена схема для расчета железобетонных плит с вертикальной равномерно распределенной поперечной арматурой.

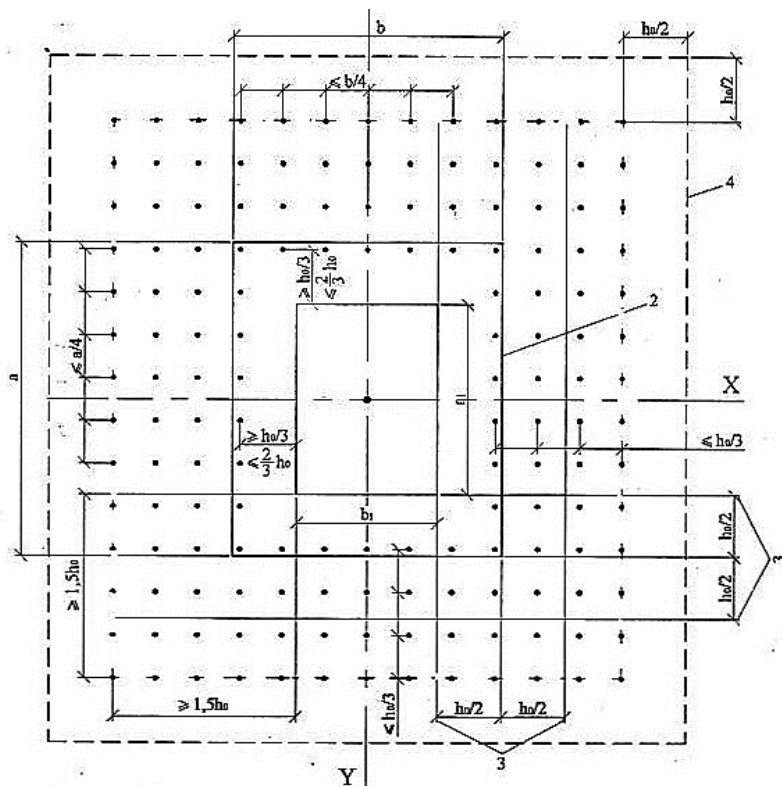


Рисунок 4. Схема для расчета железобетонных плит с вертикальной равномерно распределенной поперечной арматурой на продавливание

Между стержнями поперечной арматуры принимается расстояние не более $1/3h_0$ (в направлении перпендикулярном сторонам расчетного контура поперечного сечения плиты). Ближайшие к колонне стержни располагаются на расстоянии $1/3h_0 - 2/3 h_0$ от контура колонны. В направлении параллельном сторонам расчетного контура принимается расстояние не более $1/4$ длины стороны расчетного контура. Расстояние до наиболее удаленного стержня от контура колонны принимается не менее $1,5h_0$.

Поперечная арматура может быть вязаной или сварной [1, с.9–10].

Она устанавливается в виде хомутов или отогнутых стержней, которые устанавливаются под углом $45-90^\circ$. Также необходимо учесть,

что минимальная толщина плиты должна составлять 200 мм. В качестве поперечной арматуры, обеспечивающей прочность на продавливание, допускается принимать арматуру класса А240 и А400 [4, с. 76].

Сварная поперечная арматура устанавливается в виде каркасов или отдельных стержней, к которым привариваются по торцам стальные пластины [1, с. 11].

В результате изучения работы плит при продавливании установлено, что основные положения и формулы выведены на основе экспериментальных данных.

Опыты по продавливанию плит показывают, что установка поперечной арматуры повышает несущую способность на продавливание, пластичность плит, тем самым является эффективным методом усиления плит на продавливание. Также в качестве поперечной арматуры на продавливание можно применять стальные шпильки, стеклопластиковые и углепластиковые ленты [3, с. 41].

Список литературы:

1. Залесов А.С. Разработка методики расчета и конструирования монолитных железобетонных безбалочных перекрытий, фундаментных плит и плитных ростверков на продавливание: Научно-технический отчет. – Москва, 2002. – 55 с.
2. Михалевская И. Строим дом – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://svoydom.net.ua/raschet-na-prodavlivanie.html> (Дата обращения: 11.07.2017).
3. Сокуров А.З. Продавливание плоских железобетонных плит, усиленных поперечной арматурой: дис. ... канд. техн. наук. – Москва, 2015. – 55 с.
4. Строительные нормы республики Беларусь: СНБ 5.03.01 – 02. Бетонные и железобетонные конструкции. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2003. – 138 с.
5. Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2013/ Проектирование железобетонных плит – Режим доступа: <http://docs.autodesk.com/RSA/2013/RUS/index.html> (Дата обращения: 11.07.2017).

ОБЪЁМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ В СЕВЕРНОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

Макеев Сергей Александрович

*д-р техн. наук, проф., Сибирский государственный
автомобильно-дорожный университет, СибАДИ,
РФ, г. Омск*

Беляев Никита Владимирович

*канд. техн. наук, доц., Сибирский государственный
автомобильно-дорожный университет, СибАДИ,
РФ, г. Омск*

Фалетёнок Александр Викторович

*магистрант, Сибирский государственный
автомобильно-дорожный университет, СибАДИ,
РФ, г. Омск*

SPACE-PLANNING SOLUTIONS OF LOW-RISE RESIDENTIAL HOUSES IN THE NORTH BUILDING CLIMATIC ZONE

Sergey Makeev

*doctor of Engineering Sciences, professor
in The Siberian State Automobile and Highway University, SibADI,
Russia, Omsk*

Nikita Belyaev

*candidate of Engineering Sciences, assistant professor
in The Siberian State Automobile and Highway University, SibADI,
Russia, Omsk*

Alexandr Faletyonok

*undergraduate
of The Siberian State Automobile and Highway University, SibADI,
Russia, Omsk*

Аннотация. В статье рассматриваются климатические условия Северной строительной зоны; приводятся объемно-планировочные решения по отдельным условиям данного климата; освещаются основные требования действующих нормативных документов к объемно-планировочным решениям зданий, расположенных на данной территории; приводится пример планировочных решений малоэтажного жилого здания, запроектированного для г. Мурманск, расположенного в Северной строительной климатической зоны.

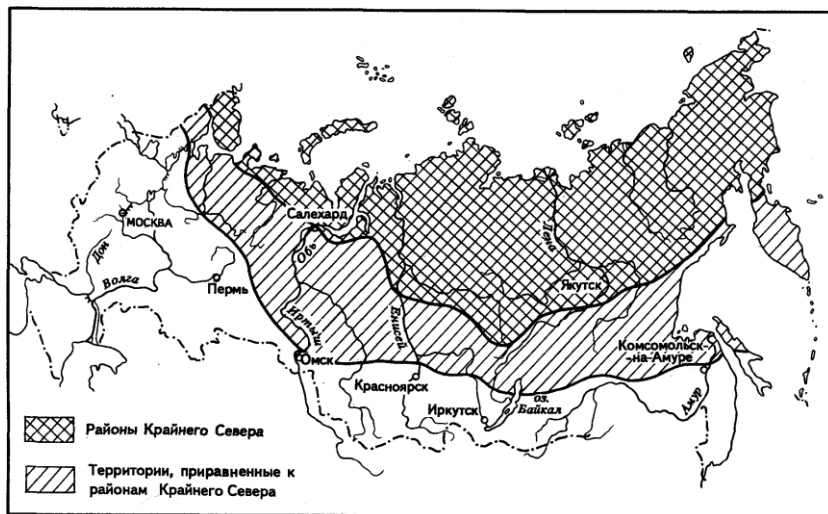
Abstract. The article describes the characteristic features of the regions with a severe climate, introduces space-planning solutions for each characteristic feature. The basic requirements of normative documents for space-planning decisions of buildings in the regions of the Far North are considered. An example of space-planning decisions of low-rise residential buildings, designed for Murmansk is given.

Ключевые слова: объемно-планировочные решения, северная строительная зона, северная климатическая зона.

Keywords: space-planning decisions, region with a severe climate, the regions of the Far North.

Введение

Значительные территории России занимают регионы Крайнего Севера (рис. 1) с характерными особенностями сурового климата – низкими температурами (до $-50/-60$ °С) и продолжительным зимним периодом (7-9 мес.), сильными ветрами и снегозаносами, вечномёрзлыми грунтами оснований, а также необжитостью территорий (неразвитые дорожные сети, недостаток строительной базы). Согласно [1] территории наиболее суровых климатических условий относят к I климатическому району (север и северо-восток Сибири и европейской части России, Урал, материковые и прибрежные части Северного Ледовитого океана и северных морей), что занимает около 70 % от общей площади России.



*Рисунок 1. Схема расположения территорий
Крайнего Севера России*

Все вышеперечисленные особенности необходимо учитывать при проектировании и строительстве зданий и сооружений в данных климатических условиях. Особое внимание при проектировании малоэтажных жилых зданий необходимо уделять планировкам, чтобы, в частности, обеспечить необходимую инсоляцию и минимизировать теплопотери через наружные ограждающие конструкции.

Основная часть

По ходу статьи подробнее разберемся с условиями проектирования, и параллельно будем рассматривать основные решения примера проектирования (выделены курсивом). В качестве площадки для проектирования выбран город Мурманск.

Обеспечение теплоизоляции.

Северные климатические условия характеризуются большими годовыми перепадами температур. Температура наружного воздуха в зимний период достигает в отдельных регионах до минус 60 °С. При этом продолжительность отопительного периода составляет 185–305 дней. Что приводит к необходимости повышения теплозащитных характеристик здания. Из-за низких температур также следует максимально увеличивать ширину корпуса жилого дома, сокращать периметр наружных стен, приближаясь к квадратным в плане планировкам, устраивать тамбура и применять тройное остекление.

Участок проектирования (г. Мурманск) характеризуется следующими климатическими показателями: расчётная температура наружного воздуха составляет минус 40 °С, продолжительность отопительного периода – 300 суток. Для обеспечения требований теплозащиты запроектированы следующие решения ограждающих конструкций:

- наружные стены толщиной в полтора кирпича (380 мм), утеплены минераловатными плитами толщиной 150 мм;
- перекрытие над проветриваемым подпольем, а также чердачное перекрытие выполнены из сборных железобетонных многоспустотных плит перекрытия и утеплены минераловатными плитами толщиной 200 мм.

Учет розы ветров.

В зимние периоды климатическая зона изобилует сильными продолжительными метелями; большими снегозаносами. В таких условиях здания стараются проектировать и строить с максимальной плотностью застройки и компактностью планировки. Для защиты от снега возможно использовать искусственные преграды, планировочные решения, лесные массивы, овраги, устья рек. Также в условиях больших снегозаносов подъездные пути, а также двери располагают с подветренной стороны. Для этих целей необходимо учитывать направление господствующих ветров площадки строительства.

Роза ветров для города Мурманск представлена на рис. 2. Господствующим направлением ветров является южное направление, поэтому расположение входной двери принято с северной стороны дома (рис. 3).

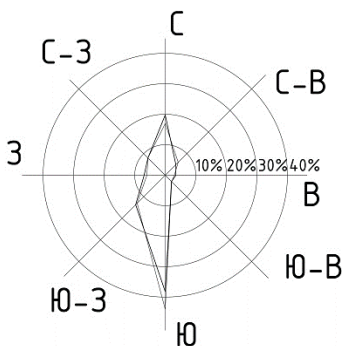


Рисунок 2. Роза ветров г. Мурманск

Ветровое давление воздуха помогает осуществить естественное проветривание жилых помещений благодаря возникающей разнице давления с наветренной и подветренной сторон дома. Подобный эффект достигает максимальной величины, если здание расположено перпендикулярно направлению ветра. Так с наветренной стороны, где ветровой напор образует зону повышенного давления, приточные проемы (окна, форточки, вентиляционные отверстия) могут быть меньшего размера, чем вытяжные на противоположной стороне здания.

Однако, если скорость ветра превышает 5 м/с, возникает дискомфортная ситуация. Сочетание низких температур и ветра приводит к повышенным теплопотерям. Защитить планировку от данного эффекта возможно применяя здания большой протяженности и замкнутые двory, а также используя экранирующие свойства домов и зеленых насаждений.

Согласно Карте № 2 [2, Приложение Ж] средняя скорость ветра за зимний период в г. Мурманске составляет 6 м/с. Поэтому для уменьшения теплопотерь располагаем проектируемый дом с северной стороны лесного массива, либо застроенной территории.

Сохранение вечномерзлого состояния грунтов основания.

Грунты основания большей части территории Северной климатической зоны находятся в вечномерзлом состоянии. Для сохранения вечномерзлого состояния основания здания проектируют с открытыми, продуваемыми подпольями, либо с охлаждающими каналами (при наличии больших пролётов или больших нагрузок на пол первого этажа). С целью сокращения площади застройки в малоэтажном домостроении используется вертикальная схема планировки (2–3 этажа), что ведёт к уменьшению количества фундамента, а, следовательно, и значительному удешевлению строительства.

Проектируемое здание в г. Мурманске решено в виде двухэтажного здания с проветриваемым подпольем; высота подполья составляет 0,9 м (рис. 4). Связь между этажами осуществляется посредством лестницы.

При расположении площадки строительства вблизи водоёмов, необходимо учитывать характерные для этих участков высокую относительную влажность (до 90 %), а также густые туманы – в частности, при проектировании состава ограждающих конструкций, а также при проектировании системы вентиляции.

Обеспечение инсоляции.

Одним из важных моментов проектирования для северных регионов является обеспечение инсоляции жилых комнат дома. Так согласно части 2 статьи 10 [3] одним из требований безопасных для здоровья человека условий является инсоляция и солнцезащита помещений жилых, общественных и производственных зданий.

Согласно п. 21. главы II «Требования, которым должно отвечать жилое помещение» [4], п. 3.1 [5], п. 5.9 [6] «В жилом помещении требуемая инсоляция должна обеспечиваться для одно-, двух- и трехкомнатных квартир – не менее чем в одной комнате, для четырех-, пяти- и шестикомнатных квартир – не менее чем в 2 комнатах.

Длительность инсоляции в осенне-зимний период года в жилом помещении для центральной, северной и южной зон согласно п. 21. главы II «Требования, которым должно отвечать жилое помещение» [4] должна отвечать соответствующим санитарным нормам. Так согласно п. 2.5 [5], п. 5.8 [6] «нормируемая продолжительность непрерывной инсоляции для помещений жилых и общественных зданий ... для северной зоны (севернее 58° с.ш.) – не менее 2,5 часов в день с 22 апреля по 22 августа; ...». Также согласно п. 3.3 [5], п. 5.10 [6] «Допускается прерывистость продолжительности инсоляции, при которой один из периодов должен быть не менее 1,0 часа. При этом суммарная продолжительность нормируемой инсоляции должна увеличиваться на 0,5 часа соответственно для каждой зоны». А согласно п. 3.4 [5], п. 5.12 [6] «Допускается снижение продолжительности инсоляции на 0,5 часа для северной и центральной зон в двухкомнатных и трехкомнатных квартирах, где инсолируется не менее двух комнат, и в многокомнатных квартирах (четыре и более комнаты), где инсолируется не менее трех комнат, а также при реконструкции жилой застройки, расположенной в центральной и исторической зонах городов, определенных их генеральными планами развития».

Обеспечение требуемой инсоляции жилых комнат проектируемого дома достигается их ориентацией по сторонам света (рис. 3). На рис. 3 и 4 представлены планы этажей жилого дома и разрез 1-1 соответственно (северная сторона света на чертежах направлена вверх).

Согласно [7] рекомендуются повышенные требования к инсоляции: так для северных районов непрерывная инсоляция жилых помещений должна обеспечиваться в течение 3 ч. Допускается инсоляция с одним перерывом в течение дня, но тогда она должна быть увеличена на 0,5 ч по отношению к норме. В условиях реконструкции и в сложных градостроительных условиях норма может быть уменьшена на 0,5 ч.

Для выполнения нормы инсоляции в [7] приводятся предложенные С.И. Ветошкиным и Н.М. Данцигом следующие приоритетные ориентации помещений жилого дома по сторонам света (направления вне скобок – рекомендуемые, в скобках – допустимые):

- спальни, детские и общие комнаты – Ю, Ю-В (Ю-З);
- столовые, гостиные, холлы – Ю, Ю-В, В (С-В, В).

Данные направления учитывались при взаимном размещении комнат проектируемого здания (рис. 3).

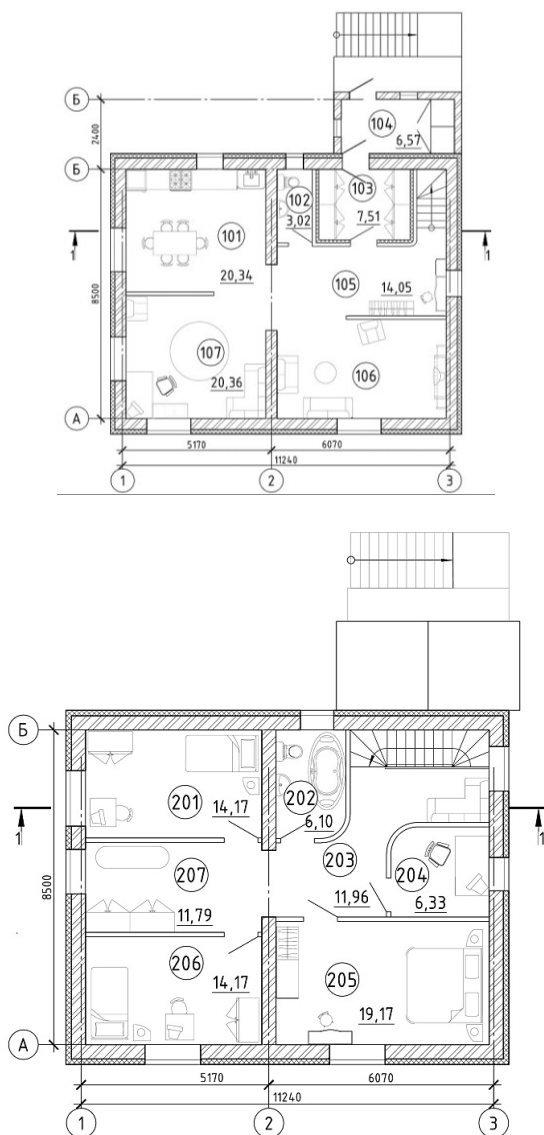


Рисунок 3. Планы 1-го и 2-го этажей жилого здания

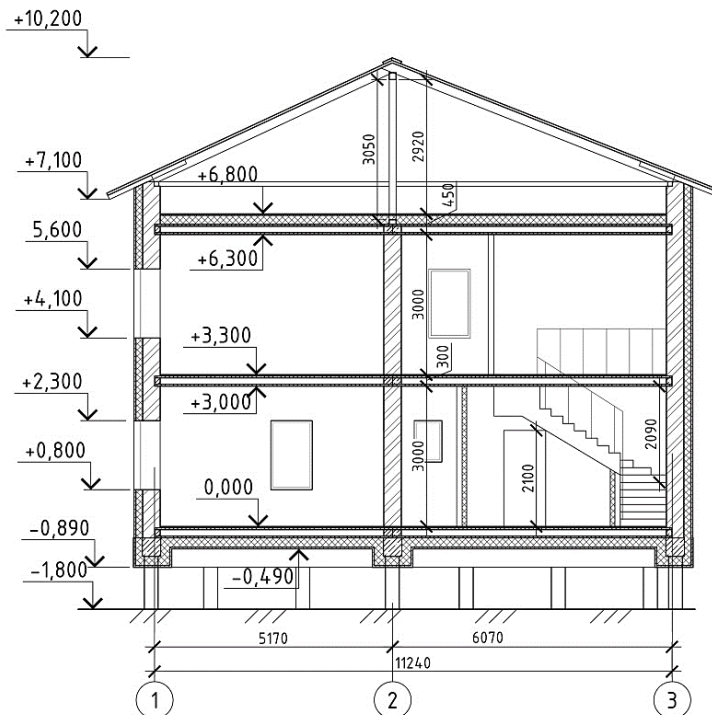


Рисунок 4. Разрез 1-1

Кроме того, на инсоляцию влияют конфигурация планов, разрывы между зданиями и их высота. В многоквартирных домах разрешается ориентация части помещений на северную часть горизонта (от С-В до С-3). Ориентация однокомнатных квартир на эту часть горизонта исключается.

Обеспечение естественного освещения.

Для достижения санитарно-гигиенического комфорта важна и естественная освещенность помещений. Она зависит от уровня наружной освещенности (яркости небосвода), количества отраженного света, величины световых проемов и глубины комнат. Считается, что для приближенных расчетов уровня освещенности можно пользоваться соотношением площади световых проемов и пола. Так в жилье согласно [7] оно должно быть равным $1/6$ ($1/5-1/8$), что также учитывалось при проектировании жилого здания.

Помещения подготовки человеческого организма к перепаду температур.

В [7] приведены результаты изучения статистических данных по заболеваниям в городах Севера, которые указывают на увеличение количества простудных заболеваний по сравнению с центральными умеренными районами, что объясняется значительным перепадом температур между воздухом помещений (+18...22 °С) и наружным воздухом (в среднем -35...-40 °С). Для исключения этого явления в [7] предлагается устройство помещений подготовки человеческого организма к переходу из теплых помещений в среду с низкой температурой и большими скоростями ветров; специальных помещений для складирования и обработки одежды, хранения сезонного инвентаря. Возможно, также рассматривать в качестве таких помещений тамбуры различного характера, крытые переходы, специальные кладовые для хранения запасов продуктов, сушильные камеры для одежды в квартирах, кладовые для топлива, помещения для колясок и др.

При проектировании жилого дома в качестве помещений подготовки человека к переходу из теплых помещений во внешнюю среду используются тамбур (ном. 104, рис. 3), в котором предусмотрена площадь для хранения сезонного инвентаря, а также гардероб для хранения верхней одежды (ном. 103, рис. 3).

Заключение

В ходе этой статьи были рассмотрены основные особенности проектирования малоэтажного жилого дома в Северной строительной климатической зоне, такие как:

- обеспечение повышенной теплоизоляции;
- учет розы ветров местности;
- сохранение вечномерзлого состояния грунтов основания;
- обеспечение достаточных инсоляции и естественного освещения;
- наличие помещений подготовки человеческого организма к перепаду температур.

В частности, такие немаловажные показатели как инсоляция и естественное освещение в настоящее время регламентируются действующими нормативными документами в строительстве [3–6]. Что обязывает архитекторов при проектировании жилых и общественных зданий учитывать данные требования.

В ходе рассмотрения аспектов проектирования были описаны принятые решения проекта жилого дома для г. Мурманск.

Список литературы:

1. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. – М.: НИИСФ РААСН, 2012. – 108 с.
2. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – М.: ОАО «НИИ «Строительство»», 2011. – 80 с.
3. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (с изменениями на 2 июля 2013 года).
4. Постановление Правительства РФ от 28 января 2006 г. № 47 «Об утверждении Положения о признании помещения жилым помещением, жилого помещения непригодным для проживания и многоквартирного дома аварийным и подлежащим сносу или реконструкции».
5. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 25.10.2001 г. № 29 «О введении в действие СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01».
6. Постановление Правительства РФ от 10 июня 2010 г. № 64 «Об утверждении СанПиН 2.1.2.2645 – 10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях»».
7. Архитектурное проектирование жилых зданий / М.В. Лисициан, В.Л. Пашковский, З.В. Петунина и др.; Под ред. М.В. Лисициана, Е.С. Пронина. – М.: Архитектура-С, 2006. – 488 с.: ил.
8. СП 54.13330.2011. Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003. – М.: Минрегион России; ОАО «ЦПП», 2011. – 46 с.
9. СП 55.13330.2011. Дома жилые одноквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-02-2001. – М.: Минрегион России, 2011. – 24 с.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ СТЕРЖНЯ В ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНОЙ ПОСТАНОВКЕ В СРЕДЕ MICROSOFT EXCEL

Макеев Сергей Александрович

*д-р техн. наук, проф., Сибирский государственный
автомобильно-дорожный университет, СибАДИ,
РФ, г. Омск*

Фалетёнок Александр Викторович

*магистрант, Сибирский государственный
автомобильно-дорожный университет, СибАДИ,
РФ, г. Омск*

DEVELOPMENT OF SOFTWARE GEOMETRIC NONLINEAR 3D ROD MODEL IN MICROSOFT EXCEL

Alexandr Faletyonok

*undergraduate
of The Siberian State Automobile and Highway University – SibADI,
Russia, Omsk*

Sergey Makeev

*doctor of Engineering Sciences, professor
in The Siberian State Automobile and Highway University, SibADI,
Russia, Omsk*

Аннотация. В статье рассматриваются разработка программного комплекса на основе математической модели стержня в геометрически нелинейной постановке при пространственном нагружении. Разрабатывается программная надстройка в среде программирования MS Visual Basic for Application для реализации последовательного нелинейного увеличения прикладываемой нагрузки. Для проверки работы программного комплекса производится расчет потери устойчивости плоской формы деформирования консольной балки, нагруженной сосредоточенной на свободном конце нагрузкой.

Abstract. The article describes development of software in Microsoft Excel based on geometric nonlinear 3D rod model. Program software is created in development environment MS Visual Basic for Application and implements nonlinear load increase. The calculation of the cantilever beam buckling is done for test the created software.

Ключевые слова: разработка программного комплекса в среде Microsoft Excel, математическая модель стержня при пространственном нагружении, геометрическая нелинейность.

Keywords: development of software in Microsoft Excel, geometric nonlinear 3D rod model, the geometric nonlinearity.

Текст статьи.

Действующие строительные правила СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции» предписывают рассчитывать стальные пространственные конструкции с учетом геометрической и физической нелинейности [1, п. 4.2.5]. В рамках данной работы ограничимся геометрической нелинейностью. Для реализации этой цели разрабатывается программный комплекс на основе математической модели стержней в геометрически нелинейной постановке, изложенной в работе В.А. Светлицкого [2].

В математической модели рассматривается две ортогональные системы координат (рис. 1):

- неподвижная декартова система $\{i_j\}$ с единичными векторами i_j , относительно которой определяется первоначальное положение стержня;
- подвижная декартова система $\{e_i\}$ с единичными векторами e_i , жестко связанной с осевой линией стержня.

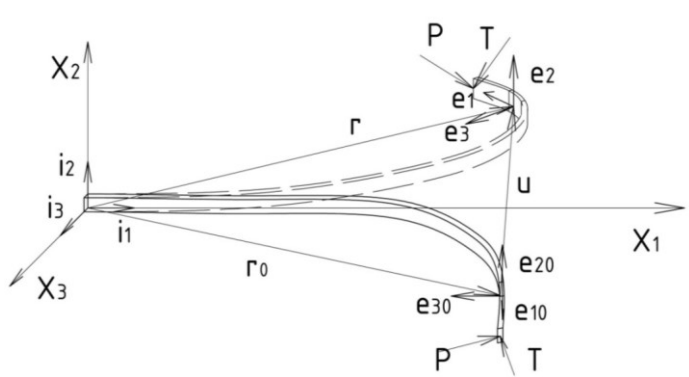


Рисунок 1. Размещение ортогональных систем координат математической модели

На рис. 1 показаны два положения стержня: положение 1 соответствует ненагруженному состоянию (естественному), под 2-ым положением изображено положение стержня в нагруженном состоянии. Под действием медленно нарастающих сил \mathbf{P}_i и моментов \mathbf{T}_i (в математической модели рассматривается статика), заданных различными законами, стержень деформируется из положения 1 в состояние 2.

Система нелинейных уравнений равновесия стержня в геометрически нелинейной постановке при пространственном нагружении имеет вид:

$$\frac{dQ}{ds} + \chi x Q + q + \sum_{i=1}^n P^i \delta(s - s_i) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{dM}{ds} + \chi x M + e_1 x Q + \mu + \sum_{i=1}^n T^{(v)} \delta(s - s_v) = 0 \quad (2)$$

$$M = A(\chi - \chi_0^{(1)}) \quad (3)$$

$$L_1 \frac{dv}{ds} + L_2 \chi_0^{(1)} - A^{-1} M = 0 \quad (4)$$

$$\frac{du}{ds} + \chi x u + (l_{11} - 1)e_1 + l_{21}e_2 + l_{31}e_3 = 0 \quad (5)$$

где:

$$L_1 = \begin{bmatrix} \cos \nu_2 \cos \nu_3 & 0 & -\sin \nu_2 \\ -\sin \nu_3 & 1 & 0 \\ \sin \nu_2 \cos \nu_3 & 0 & \cos \nu_2 \end{bmatrix},$$

$$L_2 = \begin{bmatrix} \cos \nu_2 \cos \nu_3 - 1 & \cos \nu_1 \cos \nu_2 \sin \nu_3 + \sin \nu_1 \sin \nu_2 & \sin \nu_1 \cos \nu_2 \sin \nu_3 - \cos \nu_1 \sin \nu_2 \\ -\sin \nu_3 & \cos \nu_1 \cos \nu_3 - 1 & \sin \nu_1 \cos \nu_3 \\ \sin \nu_2 \cos \nu_3 & \cos \nu_1 \sin \nu_2 \sin \nu_3 - \sin \nu_1 \cos \nu_2 & \sin \nu_1 \sin \nu_2 \sin \nu_3 + \cos \nu_1 \cos \nu_2 - 1 \end{bmatrix}$$

Аппроксимируя производные в функциях (1) – (5) с помощью отношения конечных разностей (а именно, левых разностей), получаем следующие функции для численного интегрирования в проекциях на связанные оси:

- для внутренних усилий:

$$Q_{1,i+1} = Q_1 + Q_2 \cdot \chi_{3_i} \cdot \Delta S - Q_3 \cdot \chi_{2_i} \cdot \Delta S - q_1 \cdot \Delta S - P_1 ; \quad (6)$$

$$Q_{2,i+1} = Q_2 + Q_3 \cdot \chi_{1_i} \cdot \Delta S - Q_1 \cdot \chi_{3_i} \cdot \Delta S - q_2 \cdot \Delta S - P_2 ; \quad (7)$$

$$Q_{3,i+1} = Q_3 + Q_1 \cdot \chi_{2_i} \cdot \Delta S - Q_2 \cdot \chi_{1_i} \cdot \Delta S - q_3 \cdot \Delta S - P_3 ; \quad (8)$$

Подставляя выражения кривизн (3) в уравнения моментов (4), уменьшим количество уравнений в итерационном цикле:

- для кривизн:

$$\begin{aligned} \chi_{1,i+1} = & (\chi_{1_i} - \chi_{10_i}) + \chi_{10,i+1} + (\chi_{2_i} - \chi_{20_i}) \cdot \chi_{3_i} \cdot A_{22_i} \cdot \Delta S / A_{11_i} - \\ & - (\chi_{3_i} - \chi_{30_i}) \cdot \chi_{2_i} \cdot A_{33_i} \cdot \Delta S / A_{11_i} - \mu_{1_i} \cdot \Delta S / A_{11_i} - T_{1_i} / A_{11_i} ; \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \chi_{2,i+1} = & (\chi_{2_i} - \chi_{20_i}) + \chi_{20,i+1} + (\chi_{3_i} - \chi_{30_i}) \cdot \chi_{1_i} \cdot A_{33_i} \cdot \Delta S / A_{22_i} - \\ & - (\chi_{1_i} - \chi_{10_i}) \cdot \chi_{3_i} \cdot A_{11_i} \cdot \Delta S / A_{22_i} + Q_{3_i} \cdot \Delta S / A_{22_i} - \mu_{2_i} \cdot \Delta S / A_{22_i} - T_{2_i} / A_{22_i} ; \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \chi_{3,i+1} = & (\chi_{3_i} - \chi_{30_i}) + \chi_{30,i+1} + (\chi_{1_i} - \chi_{10_i}) \cdot \chi_{2_i} \cdot A_{11_i} \cdot \Delta S / A_{33_i} - \\ & - (\chi_{2_i} - \chi_{20_i}) \cdot \chi_{1_i} \cdot A_{22_i} \cdot \Delta S / A_{33_i} - Q_{2_i} \cdot \Delta S / A_{33_i} - \mu_{3_i} \cdot \Delta S / A_{33_i} - T_{3_i} / A_{33_i} ; \end{aligned} \quad (11)$$

- для углов поворота подвижных осей (связанных с поперечными сечениями элементов):

$$\begin{aligned} v_{1,i+1} = & v_{1_i} + \chi_{1_i} \cdot \Delta S \cdot \cos v_{2_i} / \cos v_{3_i} - \chi_{10_i} \cdot \Delta S - \chi_{20_i} \cdot \Delta S \cdot \cos v_{1_i} \cdot \sin v_{3_i} / \cos v_{3_i} + \\ & + \chi_{3_i} \cdot \Delta S \cdot \sin v_{2_i} / \cos v_{3_i} - \chi_{30_i} \cdot \Delta S \left(\begin{array}{l} \cos v_{1_i} \cdot \cos v_{2_i} \cdot \sin v_{2_i} / \cos v_{3_i} + \sin v_{1_i} \cdot \sin v_{3_i} / \cos v_{3_i} - \\ - \sin v_{1_i} \cdot \sin v_{2_i} \cdot \cos v_{2_i} / \cos v_{3_i} \end{array} \right) ; \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned}
 v_{2,i+1} = & v_{2,i} + \chi_{1,i} \cdot \Delta S \cdot \cos v_{2,i} \cdot \sin v_{3,i} / \cos v_{3,i} - \chi_{2,i} \cdot \Delta S - \chi_{20,i} \cdot \Delta S \cdot \left(\frac{\cos v_{1,i} \cdot \cos v_{3,i} +}{+ \cos v_{1,i} \cdot \sin v_{3,i} \cdot \sin v_{3,i} / \cos v_{3,i}} \right) + \\
 & + \chi_{3,i} \cdot \Delta S \cdot \sin v_{2,i} \cdot \sin v_{3,i} / \cos v_{3,i} - \chi_{30,i} \cdot \Delta S \cdot \left(\frac{\cos v_{1,i} \cdot \cos v_{2,i} \cdot \sin v_{2,i} \cdot \sin v_{3,i} / \cos v_{3,i} +}{+ \sin v_{1,i} \cdot \sin v_{3,i} \cdot \sin v_{3,i} / \cos v_{3,i} -} \right. \\
 & \left. - \sin v_{1,i} \cdot \sin v_{2,i} \cdot \cos v_{2,i} \cdot \sin v_{3,i} / \cos v_{3,i} + \right. \\
 & \left. \cdot \sin v_{1,i} \cdot \cos v_{3,i} \right) ; \quad (13)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v_{3,i+1} = & v_{3,i} - \chi_{1,i} \cdot \Delta S \cdot \sin v_{2,i} + \chi_{20,i} \cdot \Delta S \cdot \sin v_{1,i} + \chi_{3,i} \cdot \Delta S \cdot \cos v_{2,i} - \\
 & - \chi_{30,i} \cdot \Delta S \cdot \left(\cos v_{1,i} \cdot \sin v_{2,i} \sin v_{2,i} - \sin v_{1,i} \cdot \sin v_{2,i} \cdot \sin v_{2,i} - \cos v_{1,i} \right) . \quad (14)
 \end{aligned}$$

Для перемещений:

$$u_{1,i+1} = u_{1,i} + u_{2,i} \cdot \chi_{3,i} \cdot \Delta S - u_{3,i} \cdot \chi_{2,i} \cdot \Delta S - l_{11,i} \cdot \Delta S + \Delta S ; \quad (15)$$

$$u_{2,i+1} = u_{2,i} + u_{3,i} \cdot \chi_{1,i} \cdot \Delta S - u_{1,i} \cdot \chi_{3,i} \cdot \Delta S - l_{21,i} \cdot \Delta S ; \quad (16)$$

$$u_{3,i+1} = u_{3,i} + u_{1,i} \cdot \chi_{2,i} \cdot \Delta S - u_{2,i} \cdot \chi_{1,i} \cdot \Delta S - l_{31,i} \cdot \Delta S ; \quad (17)$$

Стандартная надстройка программного комплекса Microsoft Excel «Поиск решения» позволяет определить перемещение, а также внутренние усилия от заданной определенной внешней нагрузки, т. е. на определенном этапе загрузки.

Однако, для изучения поведения стержня в зависимости от увеличивающейся нагрузки существует необходимость нелинейного увеличения внешней нагрузки. Итерационный цикл нелинейного увеличения действующей нагрузки (для отслеживания деформирования стержня от увеличения нагрузки) программируется возможностями языка Microsoft Visual Basic for Application.

По результатам выполнения разработанной программы создается несколько десятков листов рабочей книги Excel отдельных этапов последовательного нелинейного увеличения внешней нагрузки вплоть до критического значения, а также до определенного процента в закритической стадии.

В результате работы программы реализуется итерационный цикл нелинейного увеличения внешней нагрузки, представленный на рис. 2.

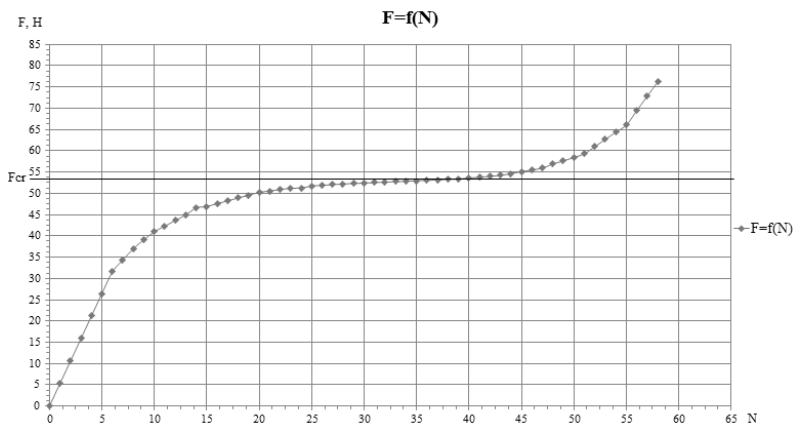


Рисунок 2. График нелинейного увеличения внешней нагрузки в ходе итерационного цикла программной надстройки

Для проверки работы программного комплекса проводится численный эксперимент потери устойчивости плоской формы деформирования консольно защемленной балки прямоугольного поперечного сечения с размерами $b \times h = 2 \times 20$ мм, пролетом $l = 500$ мм.

Загружение производится постоянной нагрузкой с последовательным нелинейным увеличением интенсивности (рис. 2).

Значение критической нагрузки для консольной балки с сосредоточенной на свободном конце нагрузкой предварительно определяется по формулам строительной механики [3, ф. 6.20]:

$$F_{cr} = \frac{4,01}{l^2} \sqrt{G \cdot I_k \cdot E \cdot I_y} = \frac{4,01}{0,5^2} \sqrt{0,79 \cdot 10^{11} \cdot 0,005008 \cdot 10^{-8} \cdot 2,06 \cdot 10^{11} \cdot 0,001333 \cdot 10^{-8}} = 52,87 \text{ Н} \quad (18)$$

где: $G = 0,79 \cdot 10^5$ МПа – модуль сдвига прокатной стали [1, табл. Г.10];

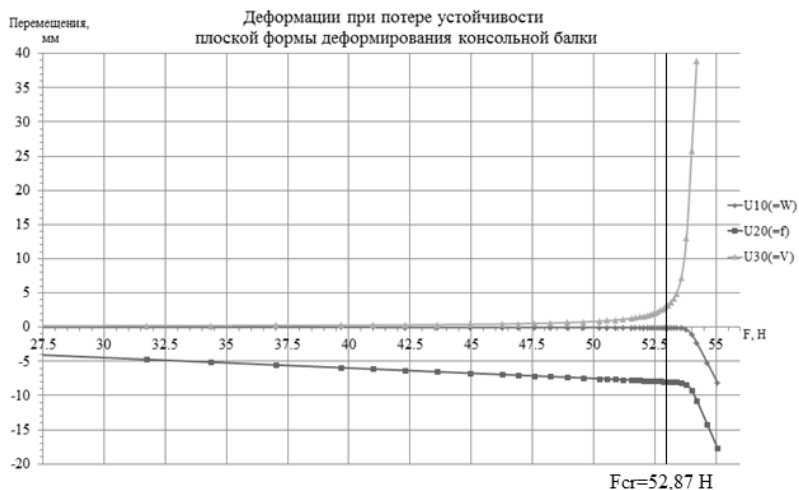
$I_k = \beta \cdot b^3 \cdot h = 0,313 \cdot 0,2^3 \cdot 2,0 = 0,005008 \text{ см}^4$ – геометрическая характеристика сечения при кручении: для стержня прямоугольного сечения [4, табл. 2.2];

$\beta=0,313$ – коэффициент Сен-Венана при кручении стержней
прямоугольного поперечного сечения с отношением $h/b=10$;

$E = 2,06 \cdot 10^5$ МПа – модуль упругости прокатной стали [1, табл. Г.10];

$$I_y = I_{e2} = \frac{b^3 \cdot h}{12} = \frac{0,2^3 \cdot 2,0}{12} = 0,001333 \text{ см}^4 \quad \text{– момент инерции}$$

поперечного сечения относительно вертикальной оси (относительно
вектора e_2 базиса, связанного с поперечным сечением).



**Рисунок 3. Деформации свободного конца консольной балки
при потере устойчивости плоской формы деформирования**

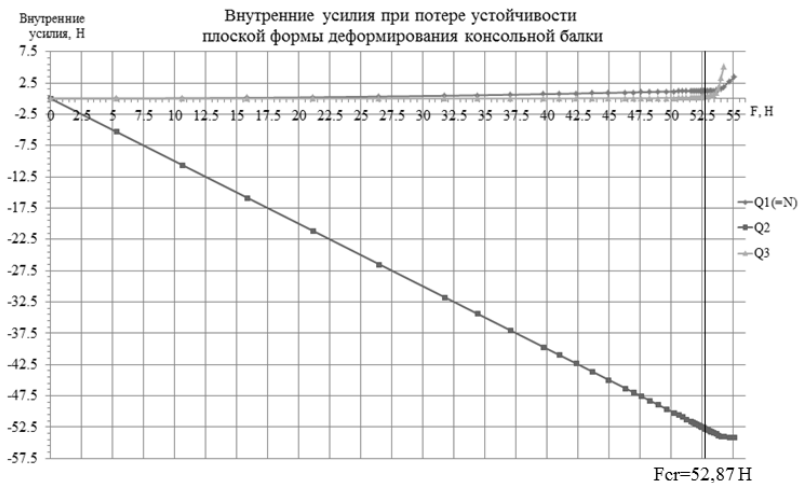


Рисунок 4. Внутренние усилия в свободном конце консольной балки при потере устойчивости плоской формы деформирования

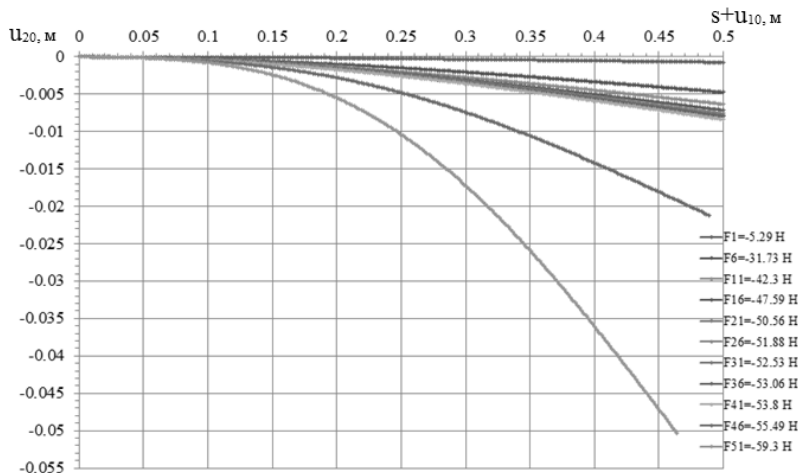


Рисунок 5. Деформирование консоли в вертикальной плоскости при последовательном увеличении нагрузки

Разработанный программный комплекс реализует математическую модель стержней в пространстве в геометрически нелинейной постановке и позволяет:

- изучать поведение отдельных прямолинейных стержней вплоть до критической нагрузки, а также в закритической стадии в геометрически нелинейной постановке (т. е. учитывает влияние фактических перемещений на перераспределение усилий) при пространственном нагружении;

- изучать поведение отдельных криволинейных стержней (в виде криволинейного стержня возможно представить отдельный профиль арочной конструкции, а также элементы сложной конфигурации) вплоть до критической нагрузки, а также в закритической стадии в геометрически нелинейной постановке (т. е. учитывает влияние фактических перемещений на перераспределение усилий) при пространственном нагружении;

- учитывать влияние преднапряжения стержней на их поведение при нагружении, а также на конечную несущую способность;

- учитывать фактические геометрические характеристики (т. е. дефекты и повреждения, выявленные при обследовании конструкций) и оценивать их влияние на поведение, а также конечную несущую способность при нагружении стержня пространственной нагрузкой;

- позволяет изучать поведение плоских стержневых систем (ферм), а также пространственных систем в геометрически нелинейной постановке, а также влияние преднапряжения, дефектов на поведение и, в конечном счете, на несущую способность стержневых систем.

Список литературы:

1. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции / ЦНИИСК им. Кучеренко, ЦНИИПСК им. Мельникова и др. – М.: ОАО «ЦПП», 2011. – 176 с.
2. Светлицкий В.А. Механика стержней: Учеб. для вузов. В 2-х ч. Ч. 1. Статика. – М.: Высш. шк., 1987. – 320 с.
3. Киселев В.А. Строительная механика: Спец. курс. Динамика и устойчивость сооружений. Учебник для вузов. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Стройиздат, 1980. – 616 с.
4. Феодосьев В.И. Соппротивление материалов: Учеб. для вузов. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 592 с.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗДАНИЙ ХРУЩЕВСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Ершова Саня Салаватовна

*ст. преподаватель, ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»,
РФ, Орёл*

Филякова Евгения Игоревна

*студент, ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»,
РФ, Орёл*

RECONSTRUCTION OF HOUSES OF KHRUSHCHEV'S BUILDING

Saniya Ershova

*senior lecturer, Orel State University named after I.S. Turgenev,
Russia, Orel*

Evgeniya Filyakova

*student, Orel State University named after I.S. Turgenev,
Russia, Orel*

Аннотация. В данной статье рассматриваются варианты реконструкции зданий хрущевской застройки. Обосновывается эффективность таких мероприятий или ее отсутствие в зависимости от различных обстоятельств.

Abstract. Options for reconstruction of houses of Khrushchev's building are considered in this article. The effectiveness of such measures or its absence is substantiated depending on various circumstances.

Ключевые слова: здания хрущевской застройки, реконструкция, модернизация, экономическая выгода, энергоэффективность.

Keywords: houses of Khrushchev's building, reconstruction, modernization, economic benefit, energy efficiency.

В наше время до 80 процентов жилого фонда составляют здания, построенные в советское время во время управления страной Никитой Сергеевичем Хрущёвым и получившие в народе его имя.

Эти дома задумывались, как решение жилищной проблемы страны: так называемые «хрущёвки» сносимых серий были рассчитаны на 25 лет, а не сносимых серий на 50 лет, и этот срок уже истек. Такие дома имеют значительные теплопотери и по всем теплотехническим характеристикам их нельзя использовать.

Так же не стоит забывать об экстерьере и планировочных решениях таких зданий, запроектированных по устаревшим в настоящее время нормам: они не удовлетворяют ни требованиям комфорта, ни эстетическим потребностям населения. Но, несмотря на это, они все еще эксплуатируются.

Таким образом, в настоящее время остро стоит вопрос, как наиболее эффективно модернизировать дома хрущевской застройки, при этом концентрируясь не только на экономической выгоде, но и на вопросах экологии, энергоэффективности, комфорта населения и эстетических показателях.

В наше время разработаны 3 варианта реконструкции «хрущевок»:

Первый вариант, минимодернизация, предусматривает декоративно-теплозащитную отделку фасадов, расширение балконов и лоджий, смену оконных и дверных блоков и минимальную перепланировку квартир для создания более рациональной планировки.

Второй вариант, получивший название максимодернизации, включает в себя все работы по утеплению фасадов, а также перепланировку квартир в пределах существующих границ с приведением их объемно-планировочного решения к нормативным требованиям.

Ну а третий, самый радикальный вариант назван реконструкцией. В него входят все вышеуказанные фасадные работы, перепланировка квартир с сохранением их типа и приведение их качеств к нормативным требованиям. Это достигается путем увеличения жилых площадей за счет фасадных пристроек (таких, как лоджии или эркеры); увеличивается и площадь торцевых помещений. Кроме изменения имеющихся квартир, производится также надстройка базового дома мансардой или монолитными конструкциями на 2-3 этажа. Дом оснащается лифтами и мусоропроводами [1].

К решению данной проблемы везде подходят по-разному: в Москве 5-этажные дома многих хрущевских серий в Москве сносятся. Однако встречаются и серии, с количеством этажей 8 и 9, а также кирпичные здания, перспектива которых пока неясна.

В некоторых кирпичных «хрущевках» проведен капитальный ремонт.

Так же существует реализованный типовой проект реконструкции без отселения жителей.

Здание вырастает с 4 до 8 этажей за счет мансардной надстройки. Итог представляет собой сразу два здания - старую, отремонтированную «хрущевку», которую теперь снаружи не видно, и новую часть, построенную на отдельном фундаменте.

Один этаж - технический, для размещения инженерных коммуникаций. Надстройка как бы накрывает дом, стоя на отдельных несущих колоннах. Основанием служит технический этаж, который разделяет старую и новую части дома. На ней строятся новые жилые этажи. В результате стены дома не нагружаются. В здании устанавливается вентилируемый фасад, пристраивается лифтовой узел [2].

Подобный пример мы можем увидеть и в Челябинске, но там при надстраивании этажей здание стягивают укрепляющим каркасом, заливают новые полы мансардного этажа, возводят метровое основание из сибита и уже на нем достраивают облегченный каркас [3]. Опыт Челябинска по реконструкции «хрущевок» перенимают и другие российские города.

Теперь обратимся к примеру решения данной проблемы за рубежом: модернизация зданий серийной застройки проходит в Германии весьма успешно.

В ходе работ осуществляется реконструкция инженерных сетей, строительско-техническая реконструкция балконов, санирование ванных комнат в жилых домах, подъездов, усовершенствование теплоизоляционных систем, реконструкция крыш, при отсутствии лифта — монтаж лифта в наружной части здания, установка счетчиков потребления воды, газа, обустройство придомовой территории и прочие мероприятия [4].



Рисунок 1. Реконструированные «хрущевки» в Галле-Нойштадт

Один из примеров подходов немецких специалистов к модернизации: реконструкция в Галле-Нойштадт, итогом которой стали двухэтажные квартиры с отдельным входом и частным садом.

При реконструкции добавлены элементы, смягчающие интеграцию здания в жилой район. Частная жизнь жильцов первого этажа скрывается за кирпичным ограждением и частными садами. Зимние сады на оставшихся этажах, заменяющие гостиные, добавляют площади квартирам.

В методах решения данной проблемы мнения разделились.

Одна сторона утверждает, что, хотя исследования показали, что ресурс панельных «хрущевок» может быть продлён до 150 лет, их модернизация не выгодна, проще всего их разобрать. У них есть проблема с узлами крепления и улучшить их практически невозможно. Что касается кирпичных «хрущевок», они имеют неплохую структуру, что позволяет их реконструировать.

Другая сторона, в частности, немецкие специалисты, утверждает, что для приведения панельных домов хрущевской застройки к стандарту энергоэффективности нужно потратить лишь 30 % от суммы, необходимой на снос здания и возведения нового.

Однако необходимо учитывать и экономическую сторону вопроса.

В нашей стране массовый снос «хрущёвок» с застройкой освобождённой территории признан экономически оправданным лишь в Москве и в Санкт-Петербурге, где застройщикам выгодно делать инвестиции в такие проекты. В остальных регионах перевешивают доводы в пользу реконструкции таких зданий.

Дело в том, что бесплатная приватизация в нашей стране породила массу бедных собственников. При нехватке финансирования, проблема модернизации может быть решена зачастую только путем привлечения частного капитала.

По-другому дела обстоят в Германии, где приватизация была платной. В данный момент собственниками жилья являются около трех процентов граждан, остальные являются квартиросъемщиками. При существующем спросе на аренду жилья собственникам выгодно проводить реконструкцию.

Таким образом, на решение проблемы домов серийной застройки оказывают влияние различные факторы, такие, как:

- ситуация на рынке недвижимости
- конструктивная система здания
- степень износа здания
- наличие финансирования

Проанализировав имеющуюся информацию, мы приходим к выводу, что однозначного решения данной проблемы не существует, каждое решение индивидуально и зависит от совокупности факторов.

Список литературы:

1. Прошлое, настоящее и будущее пятиэтажек / Журнал «ИДЕИ ВАШЕГО ДОМА» / Колотилкин А., 2002.
2. Хрущевки в Москве переделают в жилье бизнес-класса / Газета «Комсомольская правда» / Волкова С., 2014.
3. Капитальный ремонт: бояться или действовать? // Газета «Московский комсомолец» / Воронина Е., 2014.
4. Хрущёвки: сносить или оставить? Режим доступа. – URL: <http://urbanurban.ru/blog/design/57/Khrushyovki-snosit-ili-ostavit>.
5. Советские серийные здания в Новосибирске: ожидание новой жизни. Режим доступа. – URL: <http://www.goethe.de/ins/ru/lp/kul/dur/sta/ent/ru6110991.htm>.

1.6. ТРАНСПОРТ

АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ И ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ДОСТУПНОСТИ ЛУЧШИХ АЭРОПОРТОВ МИРА

Нарбеков Марат Фаридович

*аспирант,
Казанский архитектурно-строительный университет,
РФ, Казань*

TRANSPORT SUPPORT AND POTENTIAL ACCESSIBILITY ANALYSIS OF THE BEST AIRPORTS IN THE WORLD

Marat Narbekov

*post-graduate student,
Kazan State University of Architecture and Construction,
Russia, Kazan*

Аннотация. В данной статье будет рассмотрено транспортное обеспечение и доступность десяти аэропортов мира, удостоенных премии Skytrax в 2017 г. *Цель:* определить виды и параметры транспортной связи аэропортов с основным населенным пунктом района расположения аэропорта. *Задачи:* 1) определить наличие внешних линий (не относящихся к транспортному сообщению между терминалами аэропорта) немоторизированных видов транспорта, обеспечивающих доступ пользователей на территорию аэровокзала; 2) определить транспортную доступность исследуемых аэропортов и систем «аэропорт–город» методом потенциалов; 3) выявить зависимость аттрактивности аэропорта и системы «аэропорт – город» от конфигурации маршрута и расстояния между аэропортом и главным ж/д узлом города. *Методы:* картографический анализ, синтез, математический метод, сравнительный анализ. *Результаты работы* могут служить основой для разработки концепции развития транспортных систем городских агломераций в целях повышения транспортной обеспеченности и оптимизации доступа к инфраструктуре воздушного сообщения городов и населенных пунктов.

Abstract. This article covers transportation provision and accessibility of ten world airports, which were awarded Skytrax World Airport Awards in 2017 г. *Purpose of the research* is to determine transportation modes and measurements of itinerary connecting airport with major city of location area. *Research objectives* is: 1) to determine the availability of external lines (not related to transport circulation between airport terminals) of nonmotorized public transportation modes; 2) to determine transport accessibility of investigating airports and “airport–city” systems via approach of potential accessibility measures; 3) to detect dependence of airport and “airport – city” system attractiveness from route configuration and distance between airport and main railway hub. *Methods:* cartographical analysis, synthesis, mathematical method, comparative analysis. *Results* can serve as the basis for conceptual development of transport system of urban agglomerations in order to improve transport support and accessibility to air traffic infrastructure of metropolitan areas.

Ключевые слова: аэропорт; транспортная обеспеченность; транспортная доступность; привлекательность; рельсовый пассажирский транспорт; велосипедное сообщение; потенциал системы; оптимальность конфигурации маршрута.

Keywords: airport; transport support; transport accessibility; attractiveness; rail passenger transport; bicycle transport connection; system potential; configurational optimality of the route.

Транспортная обеспеченность аэропортов. В качестве отправной точки для определения оптимального маршрута до аэропортов были выбраны наиболее удобные в отношении транспортной доступности ж/д узлы (вокзалы) и расположенные вблизи данных узлов станции метрополитена или городского трамвая (рис. 1): 1) аэропорт Чанги – станция метрополитена Танджонг Пагар (вид транспорта: скоростной рельсовый транспорт – Mass Rapid Transit); 2) аэропорт Ханеда – ж/д станция Токио (вид транспорта: электричка, монорельс); 3) аэропорт Инчхон – ж/д станция Сеул (вид транспорта: электричка); 4) аэропорт Мюнхен – Главный вокзал Мюнхена (вид транспорта: электричка S-bahn); 5) аэропорт Гонконг – станция метрополитена Гонконг (вид транспорта: скоростной рельсовый транспорт – Mass Rapid Transit); 6) аэропорт Хамад – станция метро Мшереб (вид транспорта: метро); 7) аэропорт Тюбу (Centair) – ж/д станция в г. Нагоя (виды транспорта: электричка The Meitetsu μ -SKY Limited Express train); 8) аэропорт Цюрих – Главный вокзал Цюриха (виды транспорта: трамвай, электричка); 9) аэропорт Хитроу – станция метро Паддингтон, Вокзал Паддингтон (виды транспорта: электричка, метро); 10) аэропорт Франкфурт – Главный вокзал Франкфурта (вид транспорта: электричка S-bahn) (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1.
Показатели транспортной обеспеченности аэропортов мира (Skytrax World Airport Awards 2017)

Аэропорт	Параметры системы	Пассажирооборот, млн. чел. 2011 г. [1]	Вид рельсового сообщения	Время, затраченное на посадку на городском рельсовом транспорте, мин	Вертикальная проекция маршрута, км	Средняя скорость движения, км/ч	Расстояние до ж/д транспортного узла по прямой линии (проекции)	Велосипедное сообщение	Численность населения города млн. чел. 2011 г.
1. Чанги (Сингапур)		46,5	метро	54	≈20,4	22,7	18,2	не выделено	5,2
2. Ханэда (Токио, Япония)		62,3	электричка монорельс – электричка	31 23	≈19,0 ≈17,0	36,7 44,3	15	не выделено	13,2
3. Инчхон (Сеул, Южная Корея)		35,2	электричка экспресс междугородний экспресс	58 43 —	≈58,1 ≈58,1 —	60,1 81,1 —	47,3	не выделено	2,6
4. Мюнхен (Германия)		37,8	электричка	42	≈36,9	52,7	29,0	+	1,4
5. Гонконг (Китай)		53,3	электричка	24	≈34,0	85	23,2	не выделено	7,1
6. Хамад (Доха, Катар)		18,2	метро	—	≈12,8	—	9,2	+	0,8
7. Тюбу (Нагоя, Япония)		> 9 (< 10)	электричка	28	≈39,3	84,2	35,1	не выделено	2,3
8. Шюрих (Швейцария)		24,3	трамвай электричка	35 9	≈10,8 ≈10,0	18,5 66,7	8,3	+	0,4
9. Хитроу (Лондон, СК)		69,4	электричка экспресс метро	22 15 51	≈23,3 ≈23,3 ≈24,4	63,5 93,2 28,7	19,9	+	8,2
10. Франкфурт (Германия)		56,4	электричка междугородний экспресс	11 —	≈11,3 —	61,6 —	8,9	+	0,7

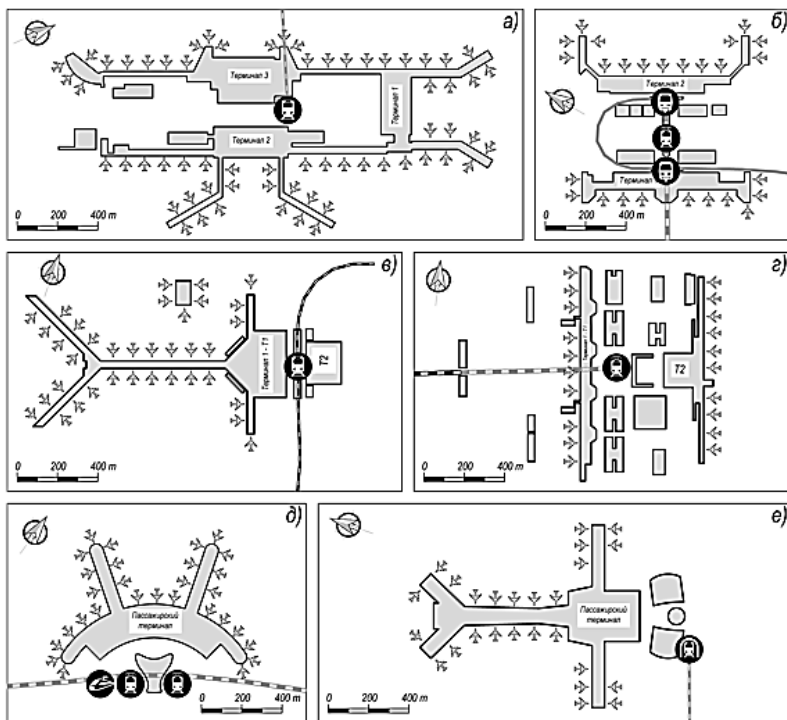
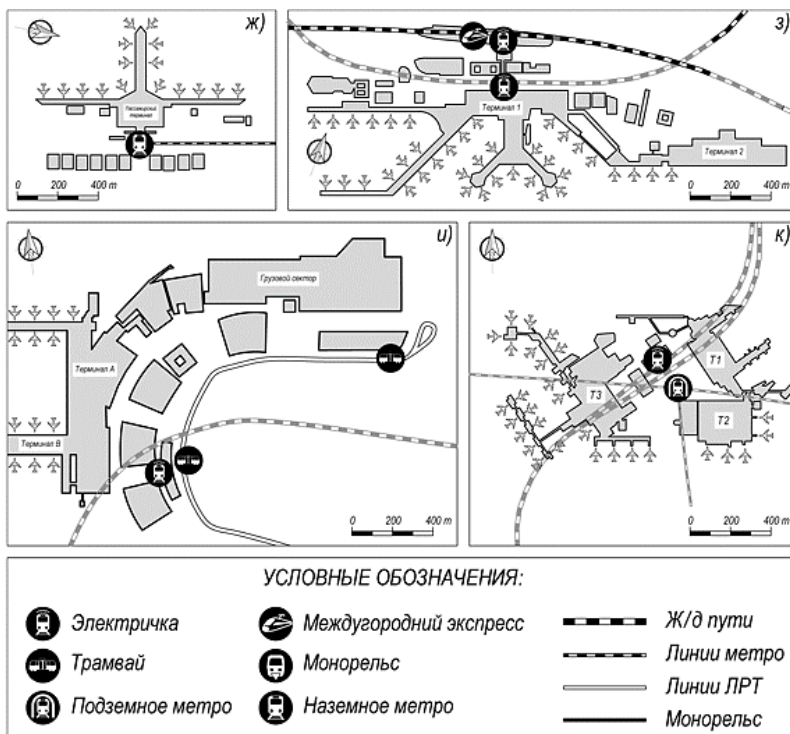


Рисунок 1. Транспортные схемы аэропортов мира



**Рисунок 1. (продолжение): а – аэропорт Чанги;
б – аэропорт Ханэда; в – аэропорт Инчхон; г – аэропорт Мюнхен;
д – аэропорт Гонконг; е – аэропорт Хамад; ж – аэропорт Тюбу;
з – аэропорт Франкфурт; и – аэропорт Цюрих; к – аэропорт Хитроу**

Расчет транспортной доступности аэропортов методом потенциалов. В расчете транспортной доступности аэропортов использован метод потенциалов. Данный метод является одним из самых популярных при оценке транспортной доступности городов и населенных пунктов. При использовании данного метода возможны различные варианты расчета, однако общим признаком для всех способов вычисления является ввод значений количественных характеристик исследуемых пунктов.

Метод расчета потенциальной доступности является более сложным, чем метод пространственного разграничения, поскольку учитывает не только расстояния или время, затраченное на поездку из пункта отправки в пункт назначения, но также веса (параметры)

начальных и конечных пунктов. В данном исследовании в качестве весов приняты следующие параметры: в отношении основного города, расположенного вблизи исследуемого аэропорта – численность населения города в млн чел. за 2011 г.; вес аэропорта – пассажирооборот в млн чел. за 2011 г. без учета километража перевозки.

Начальный пункт отправки принят аэропорт, пункт назначения – станция рельсового транспорта, расположенная в центре либо в наиболее удобном районе города с точки зрения транспортной доступности аэропорта.

Расчет транспортной доступности производится по формуле (1):

$$A(P) = \sum_i^n P_i / \bar{d}_{ij} + \sum_j^n P_j / \bar{d}_{ij} \quad (1)$$

где: $A(P)$ – потенциальная доступность системы;

\bar{d}_{ij} – расстояние между пунктами отправки и назначения;

P_i, P_j – атрибуты (веса) начальных и конечных пунктов маршрута;

n – количество пунктов системы [2].

Расстояние между конечными пунктами принимается как усредненное расстояние всех маршрутов рельсового транспорта и вычисляется по формуле (2):

$$\bar{d}_{ij} = \frac{1}{n} \sum_l^n d_l \quad (2)$$

где: \bar{d}_{ij} – усредненное расстояние между пунктами;

d_l – вертикальная проекция маршрута электрифицированных видов транспорта;

n – количество маршрутов.

Отклонение от прямолинейного маршрута вычисляется по формуле (3):

$$d_o = \bar{d}_{ij} - L_n \quad (3)$$

где: d_o – отклонение от прямолинейного маршрута;

L_n – расстояние до ж/д транспортного узла по прямой линии (проекция).

Процент отклонения от прямолинейного маршрута (4):

$$p_o = \frac{d_o}{L_n} \times 100 \% \quad (4)$$

где: p_o – процент отклонения;

d_o – отклонение от прямолинейного маршрута;

L_n – расстояние до ж/д транспортного узла по прямой линии (проекция).

В данном исследовании отношение объема пассажироперевозок к усредненному расстоянию между основным городом района расположения аэропорта является показателем аттрактивности (привлекательности) рассматриваемого объекта воздушного сообщения [2]. Результаты расчета приведены в таблице 2.

Таблица 2.

**Результаты расчета транспортной доступности аэропортов
и систем «аэропорт – город»**

Аэропорт Параметры системы	Аэропорт									
	1. Чанги	2. Ханэда	3. Инчхон	4. Мюнхен	5. Гонконг	6. Хамад	7. Тюбу	8. Цюрих	9. Хитроу	10. Франкфурт
Аттрактивность аэропорта	2,28	3,46	0,61	1,02	1,57	1,42	0,24	2,34	2,93	4,99
Потенциальная доступность системы – $A(P)$	2,53	4,19	0,65	1,06	1,78	1,48	0,3	2,38	3,28	5,0
Отклонение от прямолинейного маршрута, км	2,2	3	10,8	7,9	10,8	3,6	4,2	2,1	3,8	2,4
Процент отклонения, %	12,1	20	22,8	27,2	46,6	39,1	12,0	25,3	19,1	27,0

Выводы. Картографический анализ с применением современных ГИС технологий, а также обзор официальных интернет сайтов исследуемых аэропортов выявил наличие подвода линий ж/д транспорта ко всем аэропортам, получившим статус лучших в мире согласно

рейтингу Skytrax 2017. К видам рельсового транспорта, обеспечивающих доступ пассажиров на территорию аэропортов относятся: легкорельсовый транспорт (LRT – Light Rail Transit), скоростной рельсовый транспорт (MRT – Mass Rapid Transit). К ЛРТ системам относятся системы трамвайного сообщения работающего в различных режимах; СРТ – наземный и подземный метрополитен, электричка. Линии метрополитена связывают либо будут связывать аэропорт с центральными районами в таких городах как Сингапур, Лондон, Доха. Скорость движения составов 22,7–28,7 км/ч. Трамвайное сообщение организовано между аэропортом Цюриха и главным вокзалом города. Из рассматриваемых в данной работе способов мобильности трамвай является наименее скоростным видом – средняя скорость движения составляет всего лишь 18,5 км/ч. Наиболее распространенным и самым быстрым видом рельсового транспорта является электричка работающая в различных режимах (аэропорт Ханеда, Инчхон, Мюнхен, Гонконг, Тюбу, Цюрих, Хитроу и Франкфурт) – скоростной (без остановок) либо обычном (с остановками). Скорость движения составов исследуемых систем от 36,7 до 93,2 км/ч. Помимо связи с региональными линиями сообщения, транспортная инфраструктура аэропортов Инчхон и Франкфурт также включает в себя станции междугородней сети рельсового сообщения. К аэропортам Мюнхена, Дохи, Цюриха, Лондона и Франкфурта проложены велосипедные маршруты; в отношении остальных пяти аэропортов наличие велодорожек не выявлено. В тройку наиболее загруженных по объему пассажироперевозок из исследуемых аэропортов вошли токийский, лондонский и франкфуртский аэропорты; наименее загруженным аэропортом является аэропорт Тюбу. Согласно измерениям, проведенным с помощью системы автоматизированного проектирования, наиболее удаленным от основного ж/д узла города является аэропорт Инчхон (58,1 км по ж/д и 47,3 км по прямой линии), а наиболее близким городскому вокзалу – аэропорт Цюриха (10 км по ж/д и 8,3 по прямой линии). Вышеперечисленные аэропорты также соответствуют экстремумам времени доступности от ж/д вокзалов городов.

Результаты расчета транспортной доступности аэропортов показали высокий потенциал франкфуртского аэропорта (4,99). Наименьшим транспортным потенциалом (аттрактивностью) обладает аэропорт Тюбу (0,24). Аттрактивность аэропортов коррелирует с потенциальной доступностью систем «аэропорт – город».

Ж/д линия «Аэропорт Гонконг – станция метрополитена Гонконг» наиболее отклонена от прямолинейного маршрута (46,6 %), что связано географическим расположением аэропорта; наименьшим

отклонением обладает маршрут «Аэропорт Тюбу (Centair) – ж/д станция в г. Нагоя» (12 %).

Оптимальность конфигурации маршрута не связана с показателями аттрактивности систем, т. е. системы с высоким транспортным потенциалом могут обладать малой оптимальностью конфигурации, и наоборот.

Список литературы:

1. The world's top 100 airports: listed, ranked and mapped // The Guardian: сайт компании Guardian News and Media Limited – [Электронный ресурс] – URL: <https://www.theguardian.com/news/datablog/2012/may/04/world-top-100-airports> (Дата доступа: 25.06.2017).
2. Jean-Paul Rodrigue. The geography of transport systems. Fourth edition. New York: Routledge, 2017. 440 p.

1.7. ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЕЙ НА СОВМЕСТНЫХ РОССИЙСКО-КИТАЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ В УСЛОВИЯХ СВОБОДНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗОН ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Урбановский Михаил Богданович

студент

*кафедры инноватики, качества, стандартизации и сертификации
Дальневосточного Федерального Университета, ДВФУ,
РФ, г. Владивосток*

Mikhail Urbanovskii

student

*of department of innovatics, quality, standardization and certification
of Far Eastern Federal University, FEFU,
Russia, Vladivostok*

Аннотация. В статье рассматриваются особенности производства автомобилей на совместных с иностранными партнёрами предприятиях в условиях свободных экономических зон, расположенных на территории Приморского края.

Abstract. Peculiarities of car manufacturing on joint plants between Russian and foreign parties on the territory of special economic zones on the territory of Primorsky region are analyzed in this article.

Ключевые слова: автомобили, свободный порт Владивосток, крупноузловая сборка, контроль качества.

Keywords: vehicles, Free port Vladivostok, SKD-manufacturing, quality control.

Создание Свободного порта Владивосток (СПВ) и территорий опережающего развития (ТОР) в Приморском крае порождает необходимость более тесного промышленного взаимодействия Российской Федерации (РФ) с азиатскими странами, в том числе и с Китайской Народной Республикой (КНР).

Главной позицией российского импорта, в том числе и из КНР, остаются машины, оборудование и транспортные средства, закупки которых в январе 2017 г. по отношению к январю 2016 г. в общем увеличились на 48,8 % до 5,6 млрд. долл. США. Наиболее сильно увеличился импорт грузовых автомобилей – в 3,5 раза [1].

Несмотря на заметную стагнацию автомобильного рынка в последние годы, следует учесть, что в среднесрочной перспективе он должен подняться и набрать темпы роста.

В 2017 году в России автомобильный рынок будет находиться под воздействием программ господдержки (льготное автокредитование, программа обновления парка). Кроме этого, может сказаться и так называемый отложенный спрос. Также, в связи с развитием инвестиционных и инфраструктурных проектов на Дальнем Востоке, будет существовать явная потребность в большом количестве грузовых транспортных средств [2]. Следовательно, транспортное машиностроение может увеличить свою долю в объёме промышленного сотрудничества РФ и КНР. Китайские автопроизводители желают плотно закрепиться на российском рынке, а у российского рынка, в свою очередь, есть большие перспективы.

Организация особого экономического, налогового и таможенного режима очень важна для создания предприятия в сфере автомобильной промышленности. Она позволяет сделать совместное предприятие более выгодным для иностранного автопроизводителя путём снижения части его издержек, что также благоприятно сказывается на цене готового продукта. Любой иностранный автопроизводитель, который собирается открыть своё производство на территории РФ, должен соблюдать условия организации промышленной сборки, указанные в Постановлении Правительства РФ № 166. Однако, в силу огромных затрат и инвестиций, необходимых для организации производства с большой степенью локализации, многие автопроизводители пользуются льготными условиями и начинают свою деятельность с крупноузловой сборки. По мере роста потребления производимого товара и истечении срока льготного периода, степень локализации и технологичности производства должна увеличиваться.

Особым направлением при организации процесса крупноузловой сборки автомобиля является наличие специального обучения сотрудников предприятия корпоративным стандартам качества, а также наличие представителей головного завода на сборочном предприятии для осуществления контроля за соблюдением корпоративным стандартам. Рассмотрим это на примере функционирующего во Владивостоке завода Sollers, который на данный момент занимается

SKD-сборкой автомобилей Mazda 6 и Mazda CX-5, а до этого производивший, помимо вышеуказанных моделей, ещё и автомобили Toyota Land Cruiser Prado, Ssang Yong Actyon, Ssang Yong Actyon Sports, Ssang Yong Kyron и Ssang Yong Rexton [3].

Таблица 1.

**Сравнение применяемых методов контроля качества
на существующих автосборочных СП на территории
Приморского края**

	Ssang Yong	Mazda	Toyota
Обучение сотрудников	●	●	●
Корпоративная система контроля качества на линии	●	●	●
Наличие представителя головной компании на месте сборки	○	●	●
Дополнительная проверка готовой продукции представителем головной компании	○	●	●

Как видно из таблицы, у разных компаний есть некоторые различия в организации контроля качества и обучения сотрудников. Так, обучение сотрудников и внедрение корпоративных систем контроля качества внедряли все компании, в то время как Ssang Yong полностью передавал все дальнейшие полномочия по контролю качества своему подрядчику, а японские компании Toyota и Mazda держали на местном производстве своего сотрудника, который на месте занимался проверкой соблюдения корпоративных норм, дополнительным обучением сотрудников и разбором производственных ситуаций, а также обеспечивал дополнительный контроль качества готовой продукции. Однако, у Ssang Yong практиковались видеоконференции с корейскими специалистами для проведения кружков качества.

Видов контроля в крупноузловой сборке автомобилей немного и они похожи между собой. Самый сложный из них – выходной контроль, так как именно для его исполнения требуется наличие специализированных стендовых комплексов, измерительных приборов и даже специально построенных полигонов. Также, крайне важно применять целиком концепции обеспечения качества на автосборочных предприятиях. Разработка и планирование работ должно сразу включать в себя и учитывать принципы бережливого производства и лучших отраслевых практик.

Таким образом, в ходе проделанной работы можно подвести следующие выводы:

1. Создание экономической зоны с установленными и работающими послаблениями в области налогообложения и таможенного законодательства способствует созданию производственных площадок, способных развиться от наименее технологически сложного крупноузлового сборочного производства до высокотехнологичных производств, работающих по полному производственному циклу.

2. Вышеупомянутые преференции позволят накапливать капитал, необходимый для дальнейшего вложения в оборотные средства, которые может быть в последствии использован для расширения и модернизации уже существующих производственных мощностей или создания новых.

3. С технологической точки зрения, привлечение иностранных партнёров для организации производственных площадок позволит привить более высокую культуру производства как на стадии организации производства, так и при внедрении более сложных технологических операций. Подобное обуславливается переходом от внедрения отдельных методов контроля качества и трансферу только определённых инноваций к системному методу контроля качества, созданию на производстве системного подхода к контролю качества.

Список литературы:

1. Официальный сайт Министерства экономического развития – [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://economy.gov.ru/minec/main>.
2. Урбановский М.Б., Шерстюк С.Р. Анализ среднесрочной перспективы рынка грузовых автомобилей в Свободном порту Владивосток. Инженерные науки в современном мире: энергетика, строительство, машиностроение – [Электронный ресурс] – материалы студенческой научно- практической конференции, Владивосток 8–10 ноября 2016 г. / под общ. ред. Р.А. Полькова. – Электрон. дан. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2016. – Режим доступа: https://www.dvfu.ru/upload/medialibrary/741/Конференция_Инженерные_науки%20науки_верстка.pdf.
3. Eiko Tomiyama. A study of Semi Knock Down (SKD) production and sales marketing strategy in the Russian Far East. The Northeast Asian Economic Review vol.2, No.2, October 2014.

1.8. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МНОГОКООРДИНАТНОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА

Лысков Андрей Сергеевич

*студент группы АЭП13-16-ЛФ,
ЛФ ФГБОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический университет»,
РФ, г. Пермь*

Аннотация. В данной статье рассматривается создание многокоординатного электромеханического устройства (манипулятора). Статья носит ознакомительный характер и предлагает приоткрыть завесу тайны современной прикладной робототехники и работы с микроконтроллерами. Статья будет полезна как опытным, так и начинающим специалистам в автоматизации и робототехнике и просто любопытным для расширения кругозора. В данной статье рассказано поэтапное создание манипулятора и рассмотрены некоторые проблемы, которые могут возникнуть в процессе создания и эксплуатации подобных устройств. Актуальность статьи заключается в том, что подобные устройства создаются в основном крупными промышленными предприятиями и они унифицированы. В отличие от них, наше устройство модульное, что позволяет любому желающему с минимальными затратами создать что-то подобное. Ещё один момент актуальности состоит в том, что в России, и Лысьве в частности, такие устройства большая редкость и они узконаправленны. Данный манипулятор может стать основой для нескольких лабораторий, например: автоматизация электропривода, микропроцессорные устройства, технология машиностроения. Наше устройство, по своей сути, является роботом, этот манипулятор может быть демонстрационной машиной, показывающей возможности современной техники и технологии.

Ключевые слова: электроника, электромеханика, манипулятор, микроконтроллер, робот, Arduino, сервопривод, шаговые двигатели.

Введение

Целью данной работы было создание многокоординатного электромеханического устройства.

При реализации данной цели возникает несколько проблем, таких как:

- 1) Выбор микроконтроллера.
- 2) Создание электрической схемы.
- 3) Проектирование печатной платы.
- 4) Выбор двигателей.
- 5) Выбор источника питания.
- 6) Настройка взаимодействия всего комплекса.

Микроконтроллеры в наше время стали очень популярны и доступны. Сейчас существуют микроконтроллеры решающие самые разные задачи.

При анализе существующих микроконтроллеров был сделан выбор в пользу микроконтроллера ATmega 328.

В наше время микроконтроллер ATmega 328 интегрирован в плату Arduino.

Для реализации нашей задачи была выбрана плата Arduino UNO R3, она соответствует нашим требованиям по функционалу и стоимости.

При желании, если вы хотите получить больше возможностей, данную плату можно заменить на Arduino Mega 2560 или использовать микроконтроллер STM32.

Также можно заменить и двигатели. Можно использовать сервоприводы MG995 они обладают большей мощностью и точностью позиционирования, или же использовать шаговые двигатели, хорошо подойдут двигатели Nema17, но их использование осложняется необходимостью подключения через так называемый драйвер (плата, состоящая из нескольких микросхем, позволяющая управлять шаговыми двигателями).

Далее, для упрощения работы, была выбрана безопасная макетная плата. Её главный плюс в том, что мы можем собрать электрическую схему без пайки.

Для обеспечения питания был выбран АТХ блок питания от ПК мощностью 250 Вт. Данного блока питания или близко похожих хватит на реализацию множества проектов, так как такие блоки питания обладают большой выходной мощностью и достаточным количеством разъёмов.

Далее нужно было реализовать связь между платой управления и серводвигателем. С платы Arduino мы используем 3 контакта: +5V, GND и вывод ШИМ. Проектирование электрических схем проще всего

реализовать в программе Eagle CAD. Данная программа бесплатна для студентов, она является интуитивно понятной в использовании.

После создания электрической схемы встала задача «подружить» наши устройства на программном уровне. Для этого было использовано программное обеспечение Arduino IDE, использующее язык программирования `microC`. Данное программное обеспечение находится в открытом доступе, что немаловажно, и в интернете существует множество примеров работы с таким «софтом». Примеры «скетчей» приведены ниже.

```
#include <Servo.h> //используем библиотеку для работы с
сервоприводом Servo servo; //объявляем переменную servo типа Servo
void setup() //процедура setup { servo.attach(10); //привязываем привод
к порту 10 } void loop() //процедура loop { servo.write(0); //ставим
вал под 0 delay(2000); //ждем 2 секунды servo.write(180); //ставим вал
под 180 delay(2000); //ждем 2 секунды
```

```
    }
    #include <Servo.h>
    int servoPin = 9;
    Servo servo;
    int angle = 0; // угол сервы в градусах
    void setup()
    {
    servo.attach(servoPin);
    }
    void loop(){
    // инкремент от 0 до 180 градусов
    for(angle = 0; angle < 180; angle++)
    {
    servo.write(angle);
    delay(15);
    }
    // теперь в обратном направлении от 180 до 0 градусов
    for(angle = 180; angle > 0; angle--)
    {
    servo.write(angle);
    delay(15);
    }
    }
```

В заключении хотелось бы отметить, что при написании данной работы были получены важные знания и опыт в современной робототехнике и программировании. Были приобретены навыки в создании и реализации электрических схем с участием микроконтроллера. Были изучены основы работы в среде программирования Arduino IDE и работы с языком `microC`. Появилось желание развиваться в данном направлении. Данная статья может быть использована для начала обучения работы с микроконтроллерами и сервоприводами, она может оказать помощь в решении некоторых проблем, связанных с применением такого оборудования. Все действия приведённые в статье были проделаны мною лично и получили развитие и распространение.

1.9. ЭНЕРГЕТИКА

КОМПЕНСАЦИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИК В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКАХ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Батуева Дарья Евгеньевна

магистрант,

Санкт-Петербургский горный университет,

РФ, г. Санкт-Петербург

COMPENSATION OF HIGH-ORDER HARMONICS IN ELECTRIC NETWORK AT VARIOUS SOURCES OF THEIR ARISING

Daria Batueva

master student, Saint Petersburg mining university,

Russia, Saint Petersburg

Аннотация. Статья посвящена исследованию влияния высших гармоник на элементы электротехнического комплекса при подключении фильтрокомпенсирующих устройств. Целью исследования являлось обеспечение необходимых параметров качества на шинах питания, а также обеспечение ограничения предельно допустимого тока конденсаторных батарей. На основе разработанной имитационной модели, которая включала в себя линейные и нелинейные нагрузки, определены зависимости напряжения и тока, потребляемые нелинейной нагрузкой и конденсаторными батареями, и определено место, где необходима компенсация высших гармоник.

Abstract. The article is dedicated to research of influence of the high-order harmonics on elements of an electrotechnical complex at connection to the filter compensating device. The purpose of research is providing of required quality parameters of the bus section and the limitation of maximum permissible current of capacitor batteries. The dependences of voltage and current consumed by non-linear loading and capacitor batteries are defined on the basis of the developed simulation model which included linear and non-linear loads; also the place where compensation of the high-order harmonics it is required is defined.

Ключевые слова: электроснабжение, высшие гармоники, фильтрокомпенсирующие устройства, конденсаторные батареи.

Keywords: electric power supply, high-order harmonics, filter compensating device, capacitor batteries.

Постоянное увеличение нелинейных нагрузок в сети электропитания, к которым, например, относятся регулируемые приводы, приводит к необходимости контроля качества электроэнергии и обеспечения надежности функционирования оборудования.

В связи с этим большая часть усилий инженеров сосредоточена на проблеме снижения гармоник, которые стали одними из наиболее значительных нарушений качества электроэнергии в связи с интенсивным распространением полупроводниковой преобразовательной техники, а также наличием и постоянным увеличением различных нелинейных нагрузок в энергосистеме, т.е. нагрузок, которые потребляют несинусоидальный ток сети питания при подаче синусоидального напряжения, что приводит к появлению высших гармоник тока, также этот несинусоидальный ток создает искажения в напряжении питания. Эти помехи также распространяются на другие нагрузки, подключенные к сети, чей потребляемый ток может быть искажен, даже если они являются линейными.

Наиболее уязвимым приемником относительно высших гармоник являются КБ, предназначенные для компенсации реактивной мощности, поскольку их сопротивление обратно пропорционально частоте питающего напряжения.

При несинусоидальном напряжении на зажимах батареи конденсаторов в их диэлектрике появляются дополнительные активные потери, обусловленные высшими гармониками. Дополнительные потери в электрических конденсаторах приводят к их перегреву. В общем случае конденсаторы проектируются так, чтобы допускать определенную токовую перегрузку. Конденсаторы, выпускаемые в Великобритании, допускают перегрузку 15 %, в Европе и Австралии – 30 %, в СНГ – 30 % [1]. При превышении этих величин, наблюдающихся в условиях повышенных напряжений высших гармоник на вводах конденсаторов, последние перегреваются и выходят из строя.

Из литературных источников [2; 3] известно, что перегрузка по току КБ от несинусоидальности напряжения может достигать величины в несколько раз превышающей допустимое значение.

Из вышесказанного следует, что от высших гармоник, прежде всего, подвержены выходу из строя КБ. Поскольку КБ представляют собой часть всего электротехнического комплекса предприятия, включая электрические сети, то необходимо хорошо представлять природу

возникновения высших гармоник в электрической сети, что является существенным фактором при изучении их влияния на работу конденсаторов.

Современные стандарты на качество электроэнергии ограничивают содержание высших гармоник тока и напряжения в системах электроснабжения. В настоящее время предпринимаются меры по снижению уровня гармоник, чтобы решить эту проблему и удовлетворить национальным и международным стандартам на каждом уровне сетевой инфраструктуры.

Минимизация высших гармоник на предприятиях минерально-сырьевого комплекса

Нерациональное управление потоками реактивной мощности, низкая надежность электротехнического комплекса предприятий минерально-сырьевого комплекса, наличие высших гармоник в сети приводят к увеличению оплаты за электроэнергию, затрат на техническое обслуживание и ремонт электрооборудования, ухудшению качества электроэнергии, как в системе, так и в сетях предприятия.

Очень часто требования межгосударственного стандарта ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» не выполняются, ввиду сложного решения задачи повышения качества электроэнергии в различных условиях возникновения высших гармоник (ГОСТ предусматривает искажение несинусоидальности кривой напряжения в пределах от 5 до 8 %) [4].

Одним из параметров качества электрической энергии, по которому оценивается эффективность работы средств снижения уровня высших гармоник, является коэффициент несинусоидальности, значение которого регламентируется в [4]. Расчет данного коэффициента осуществляется по формуле:

$$K_{нс} = 100 \cdot \frac{\sqrt{\sum_{v=2}^n U_v^2}}{U_{ном}}, \quad (1)$$

где: U_v – действующее значение напряжений v -й гармоники;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение сети;

n – порядковый номер последней из учитываемых гармоник.

В зарубежной литературе такому параметру качества электроэнергии соответствует коэффициент Total Harmonic Distortion (THD), допустимые и предельные значения которого регламентируются в [5].

Снижение несинусоидальности напряжения обеспечивается либо рациональным построением системы электроснабжения предприятия, при которой параметры, характеризующие несинусоидальность напряжения, будут находиться в допустимых пределах, либо применением специальных схем коммутации нелинейных нагрузок, а также корректирующих устройств.

В различных ситуациях на предприятиях требуется снизить уровень искажения формы кривой питающего напряжения до допустимых значений. Для этих целей применяются различные установки компенсации высших гармоник, а именно фильтрокомпенсирующие устройства, которые, помимо фильтрации гармоники, будут генерировать реактивную мощность, и компенсировать потери мощности в сети и напряжения.

Выбор типа устройства, его параметров и способа управления им является сложной инженерной задачей. Причем важным фактором является их расположение в электрической сети, что существенно влияет на эффективность компенсации высших гармоник.

Из всего выше сказанного следует, что целью данной работы является обеспечение необходимых параметров качества на шинах питания, а также обеспечение ограничения предельно допустимого тока конденсаторных батарей.

Объект исследования

Основными особенностями системы электроснабжения предприятий минерально-сырьевого комплекса являются значительные мощности технологических установок и узлов нагрузки, специфический характер нагрузки многочисленных электроприемников и их большая территориальная разбросанность.

В качестве исследуемой схемы выбрана обобщенная принципиальная однолинейная схема электроснабжения предприятия минерально-сырьевого комплекса, представленная на рисунке 1. На схеме представлено головное распределительное устройство подстанции 6 кВ, от которой питается линейная и нелинейная нагрузка, а также установка конденсаторных батарей. К секции шин 6 кВ подключена линейная нагрузка через трансформатор 6/0,4 кВ в виде насоса М3 мощностью 75 кВт и линейная нагрузка в виде насоса М4 мощностью 315 кВт непосредственно к шине 6 кВ; подключена нелинейная нагрузка через трансформатор 6/0,4 кВ в виде вентилятора М5 мощностью 45 кВт, а также установка конденсаторных батарей. К секции шин 0,4 кВ трансформаторной подстанции ТП1 подключена нелинейная нагрузка в виде вентилятора М1 мощностью 45 кВт, линейная нагрузка в виде насоса М2 мощностью 75 кВт и установка конденсаторных батарей.

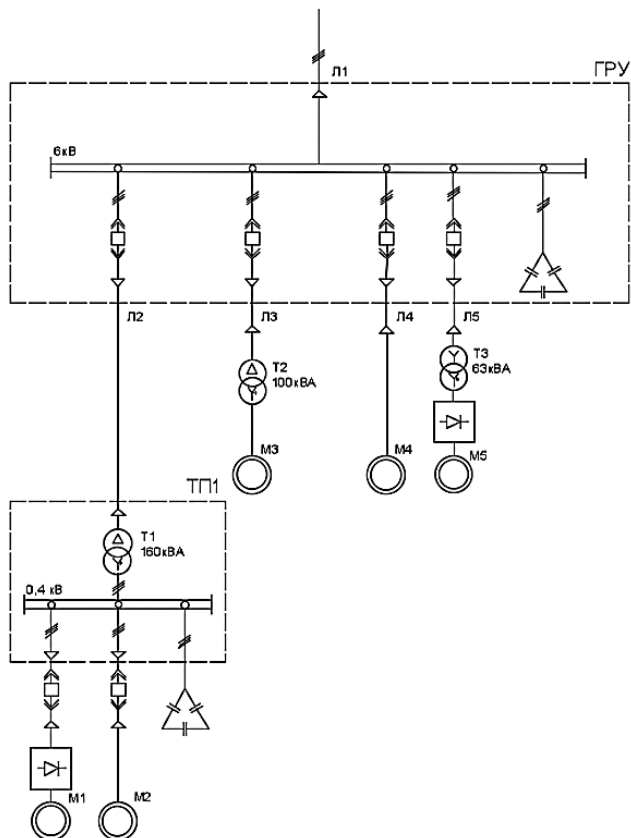


Рисунок 1. Обобщенная принципиальная однолинейная схема исследуемого объекта

Агрегаты M2, M3, M4 имеют нагрузку в виде насоса и работают в постоянном режиме. Нагрузка двигателей M1, M5 имеет переменный характер и зависит от скорости вращения вентилятора, варьируется в зависимости от температуры окружающей среды и параметров технологического процесса на установке.

Математическое моделирование электротехнического комплекса при наличии высших гармоник

При помощи пакета прикладных программ MATLAB Simulink была смоделирована электрическая схема предприятия минерально-сырьевого комплекса. Модель представлена на рисунке 2.

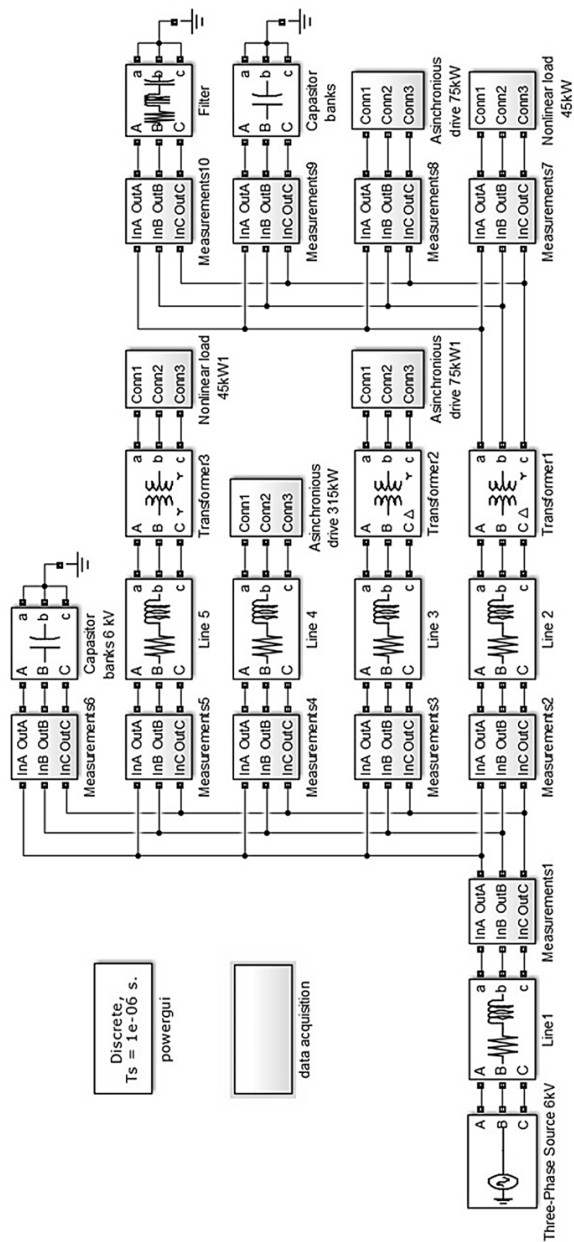


Рисунок 2. Модель электрической схемы предприятия минерально-сырьевого комплекса

С помощью математической модели были получены зависимости активной и реактивной мощности при запуске системы только с линейной нагрузкой. Данные, полученные в результате расчета системы, показывают, что установившийся (номинальный) режим наступает в момент времени $t = 4$ с. Время обусловлено запуском двигателя.

Графики потребляемых мощностей на вводе СШ 6 кВ, линейных нагрузок и конденсаторных батарей представлены на рисунке 3.

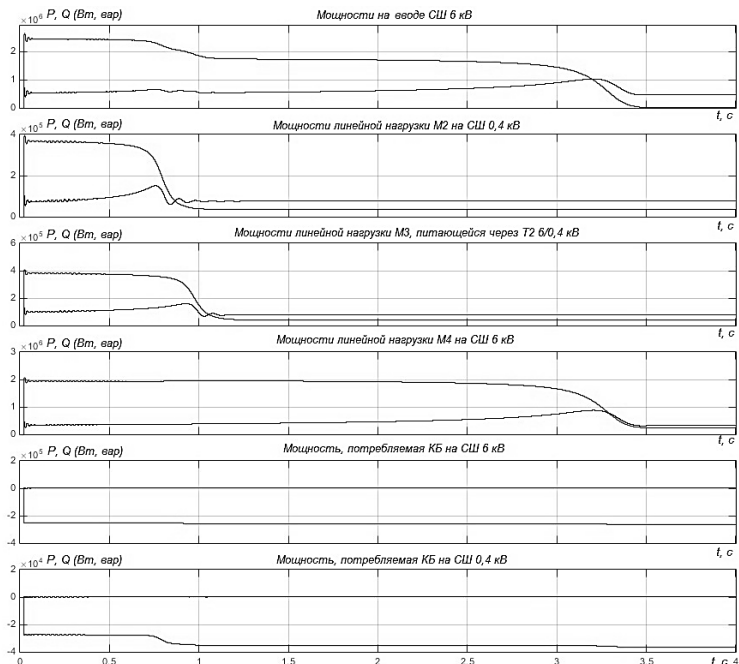


Рисунок 3. Активные и реактивные мощности на вводе СШ 6 кВ, линейных нагрузок КБ (синим цветом обозначены активные мощности, фиолетовым – реактивные)

Далее к системе была подключена нелинейная нагрузка на СШ 6 кВ и СШ 0,4 кВ. Подавался заданный сигнал и сначала подключалась нелинейная нагрузка М5 на СШ 6 кВ (время работы двигателя $t = 5$ с), затем, после отключения нагрузки М5, подключалась нагрузка М1 на СШ 0,4 кВ. Третьим вариантом была одновременная работа нагрузок М5 и М1.

Были получены напряжения на СШ 6 кВ и СШ 0,4 кВ, токи, потребляемые нелинейной нагрузкой на обеих секциях шин, а также токи на КБ на СШ 6 кВ и СШ 0,4 кВ (рисунок 4):

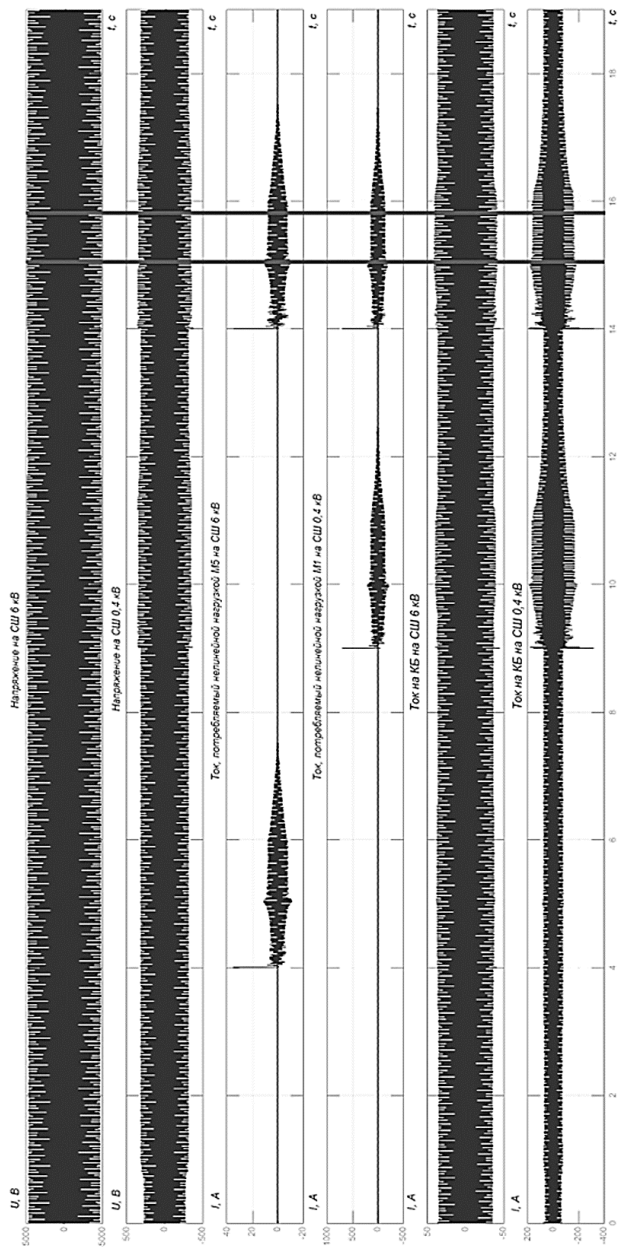


Рисунок 4. Напряжения, токи, питающие нелинейную нагрузку, и токи на КБ на СШ 6 кВ и СШ 0,4 кВ

Исходя из полученных зависимостей, можно сделать следующие выводы:

- ток на КБ на СШ 6 кВ изменяется в малых пределах, нелинейная нагрузка практически не влияет на СШ 6 кВ;
- нелинейная нагрузка, питающаяся от секции шин 6 кВ, практически не влияет на ток, протекающий через конденсаторные батареи, установленные на СШ 6 кВ и СШ 0,4 кВ;
- максимальное значение искажения тока достигается в режиме, когда нелинейная нагрузка включена одновременно на СШ 6 кВ и 0,4 кВ ($t > 14с$).

Проанализировав данные зависимостей, представленных на рисунке 5.2.3, сделан вывод, что необходимо компенсировать высшие гармоники на секции шин 0,4 кВ.

Спектральный анализ до подключения ФКУ

На рисунке 4 в период времени, выделенный красными вертикальными линиями, был произведен спектральный анализ. Спектральный анализ был использован для того, чтобы определить количество гармоник на определенном отрезке данного сигнала, коэффициент искажения кривых (ТНД) и для каждой гармоники ее амплитуду.

Во-первых, был произведен спектральный анализ напряжения на СШ 6 кВ и СШ 0,4 кВ. Исходя из спектрального анализа, коэффициент гармонических искажений напряжения на СШ 6 кВ $ТНД = 0,66 \%$, а напряжения на СШ 0,4 кВ $ТНД = 9,42 \%$, что является несущественными значениями искажений и можно сделать вывод о том, что нелинейная нагрузка практически не влияет на кривую напряжения.

Во-вторых, был произведен спектральный анализ тока, протекающего через КБ на СШ 6 кВ и СШ 0,4 кВ. Исходя из спектрального анализа, коэффициент гармонических искажений тока, протекающего через КБ на СШ 6 кВ, $ТНД = 9,05 \%$, а тока, протекающего через КБ на СШ 0,4 кВ, $ТНД = 90,44 \%$, что является очень серьезными значениями искажений тока, и можно сделать вывод о том, что нелинейная нагрузка оказывает сильное влияние на КБ на СШ 0,4 кВ. Это подтверждает, что есть необходимость установки ФКУ на СШ 0,4 кВ.

В-третьих, был произведен спектральный анализ тока, протекающего через нелинейную нагрузку на СШ 6 кВ и СШ 0,4 кВ. Исходя из спектрального анализа, коэффициент гармонических искажений тока, протекающего через нелинейную нагрузку на СШ 6 кВ, составляет $ТНД = 39,24 \%$, а тока, протекающего через нелинейную нагрузку на СШ 0,4 кВ, $ТНД = 61,88 \%$, что является достаточно серьезными значениями искажений тока, и можно сделать вывод,

что нелинейная нагрузка на СШ 0,4 кВ оказывает более значительное влияние на систему в целом.

Подытожив вышесказанное, следует отметить, что высшие гармоники на СШ 6 кВ не требуют компенсации, исходя из полученных данных; высшие гармоники на СШ 0,4 кВ превышают допустимые значения в несколько раз.

Выбор параметров ФКУ

Одним из средств компенсации высших гармоник являются фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ). ФКУ, также известные как пассивные фильтры гармоник, представляют собой особый тип конденсаторных установок, задачей которых является фильтрация гармоник совместно с компенсацией реактивной мощности. ФКУ представляют собой LC цепочки, настроенные на резонанс с определенной гармоникой. Был разработан алгоритм выбора параметров ФКУ, который представлен на рисунке 5.

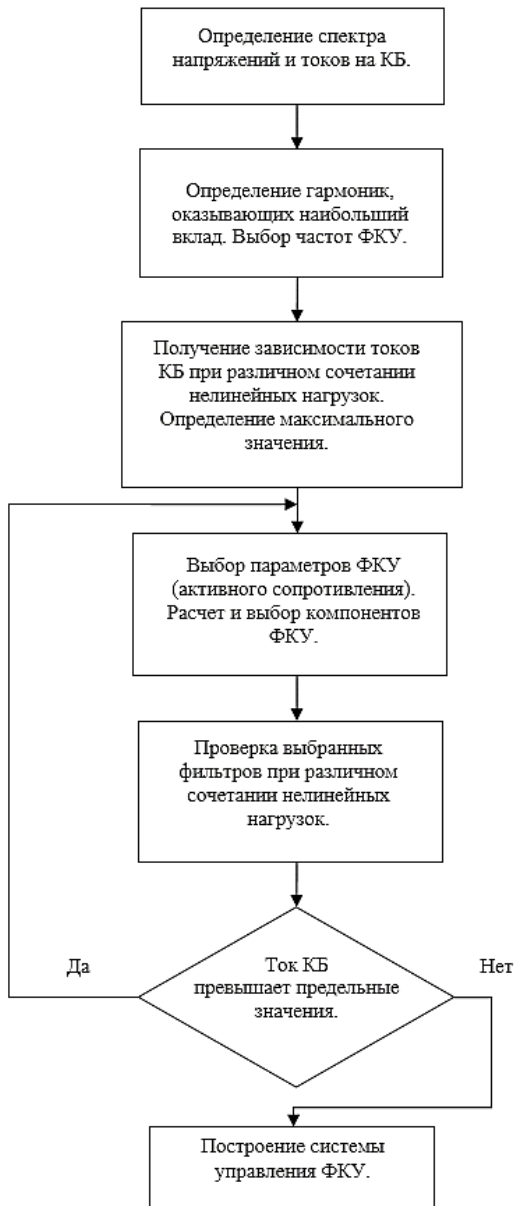


Рисунок 5. Алгоритм выбора параметров ФКУ

Подключение ФКУ

Проанализировав данные спектрального анализа, было выявлено, что наибольший вклад в искажение формы кривой тока и напряжения вносят 5, 7, 11, 13, 19 гармоники. В связи с этим необходимо компенсировать именно эти гармоники в электрической сети. Применение пассивного ФКУ позволяет настраивать фильтр на определенные частоты гармоник тока и напряжения, которые необходимо уменьшить.

Сопrotивления СШ 0,4 кВ были представлены следующим образом:

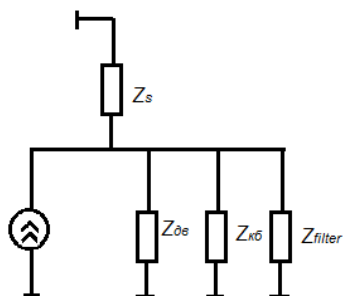


Рисунок 6. Сопrotивления СШ 0,4 кВ

Так как сопrotивления системы Z_s и двигателей Z_{dv} значительно меньше сопrotивления конденсаторной батареи Z_{KB} и одной из целей работы было снижение тока через КБ, то расчет параметров ФКУ ориентирован на сопrotивление Z_{KB} .

Схема замещения ФКУ представлена на рисунке 7:

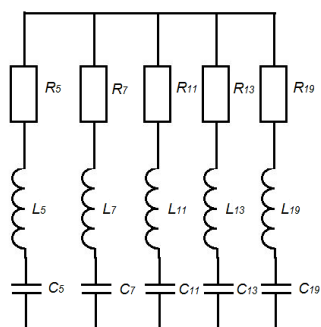


Рисунок 7. Схема замещения для расчета ФКУ

Рассчитанные параметры представлены в таблице.

Таблица 1.

Параметры ФКУ

Номер гармоники \ Сопротивление	R, Ом	L*10 ⁻³ , Гн	C*10 ⁻⁵ , Ф
5 гармоника	0,150	9,554	4,246
7 гармоника	0,047	5,005	4,136
11 гармоник	0,018	2,316	3,619
13 гармоника	0,023	1,960	3,062
19 гармоника	0,056	1,006	2,794

По результатам расчетов в среде MathCad были построены зависимости сопротивления КБ и ФКУ от номера гармоники на СШ 0,4 кВ:

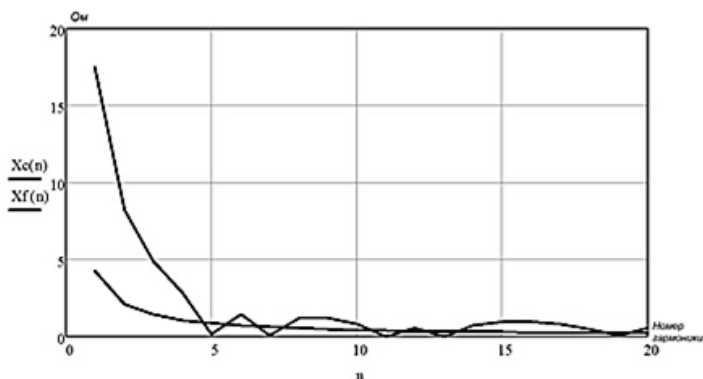


Рисунок 8. Зависимости сопротивления КБ и ФКУ от номера гармоники

На первой гармонике сопротивление ФКУ значительно больше сопротивления КБ, поэтому первая гармоника тока протекает через КБ. ФКУ настроено таким образом, что на 5, 7, 11, 13, 19 гармониках сопротивление ФКУ очень мало, и гармонические составляющие тока протекают через ФКУ, а не через КБ.

Добавив в имитационную модель на СШ 0,4 кВ фильтрокомпенсирующее устройство, были получены следующие зависимости, представленные на рисунке 9, после компенсации гармонических составляющих:

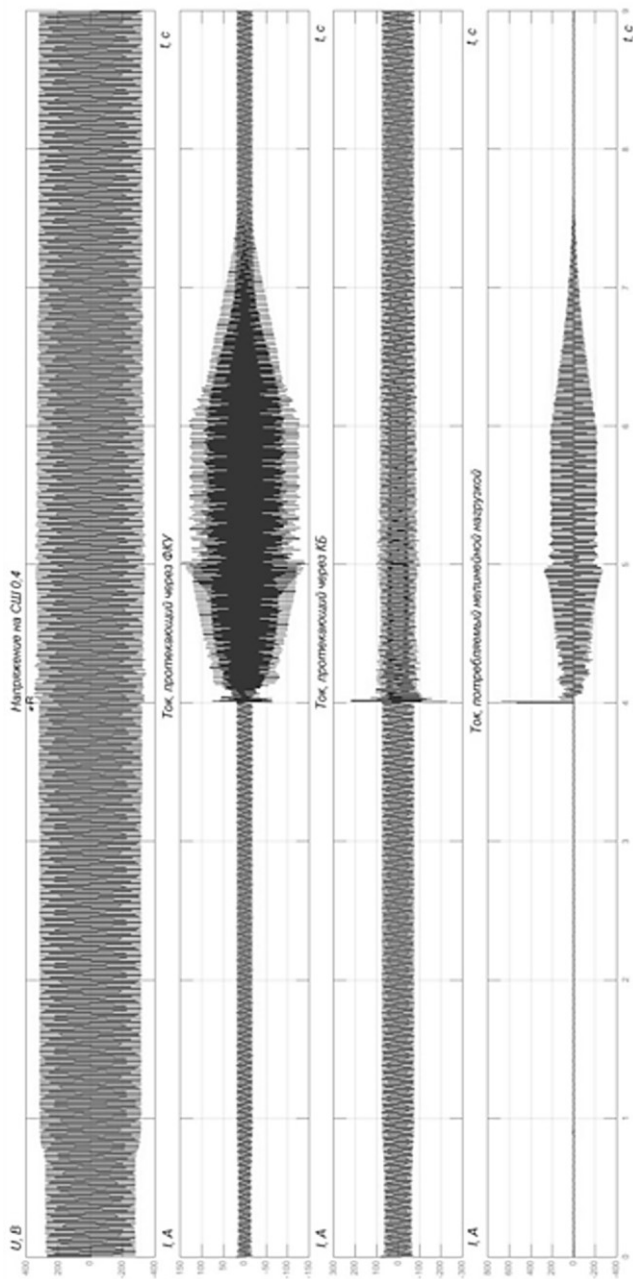


Рисунок 9. Напряжение на СШ 0,4 кВ, токи, протекающие через КБ и ФКУ на СШ 0,4 кВ, и ток, потребляемый нелинейной нагрузкой на СШ 0,4 кВ

Из полученных графиков можно сделать следующий вывод – ток, протекающий через КБ на СШ 0,4 кВ, уменьшился в 1,5 раза.

Спектральный анализ после подключения ФКУ

После подключения ФКУ к СШ 0,4 кВ был повторно проведен спектральный анализ. Во-первых, был произведен спектральный анализ напряжения на СШ 0,4 кВ, данные представлены на рисунке 10:

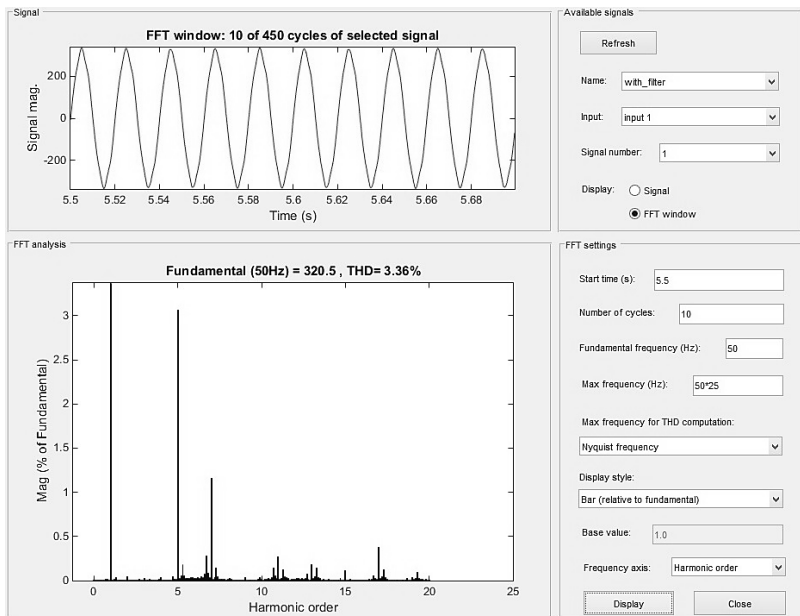


Рисунок 10. Спектральный анализ напряжения на СШ 0,4 кВ

Исходя из спектрального анализа на рисунке 10, коэффициент гармонических искажений напряжения на СШ 0,4 кВ составляет $\text{THD} = 3,36\%$ по сравнению с коэффициентом гармонических искажений до подключения ФКУ равным $\text{THD} = 9.42\%$.

Во-вторых, произведен спектральный анализ тока, протекающего через КБ, и представлен на рисунке 11:

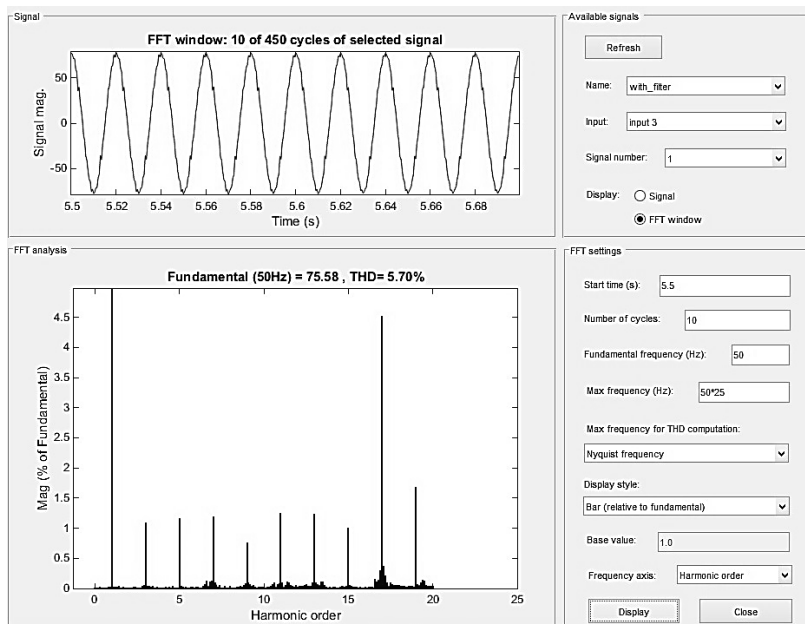


Рисунок 11. Спектральный анализ тока, протекающего через КБ

Исходя из спектрального анализа на рисунке 11, коэффициент гармонических искажений тока, протекающего через КБ на СШ 0,4 кВ, составляет $THD = 5,70\%$ по сравнению с коэффициентом гармонических искажений до подключения ФКУ равным $THD = 90,44\%$, что является существенным снижением гармонических искажений тока, протекающего через КБ.

Спектральный анализ тока, протекающего через ФКУ на СШ 0,4 кВ, представлен на рисунке 12:

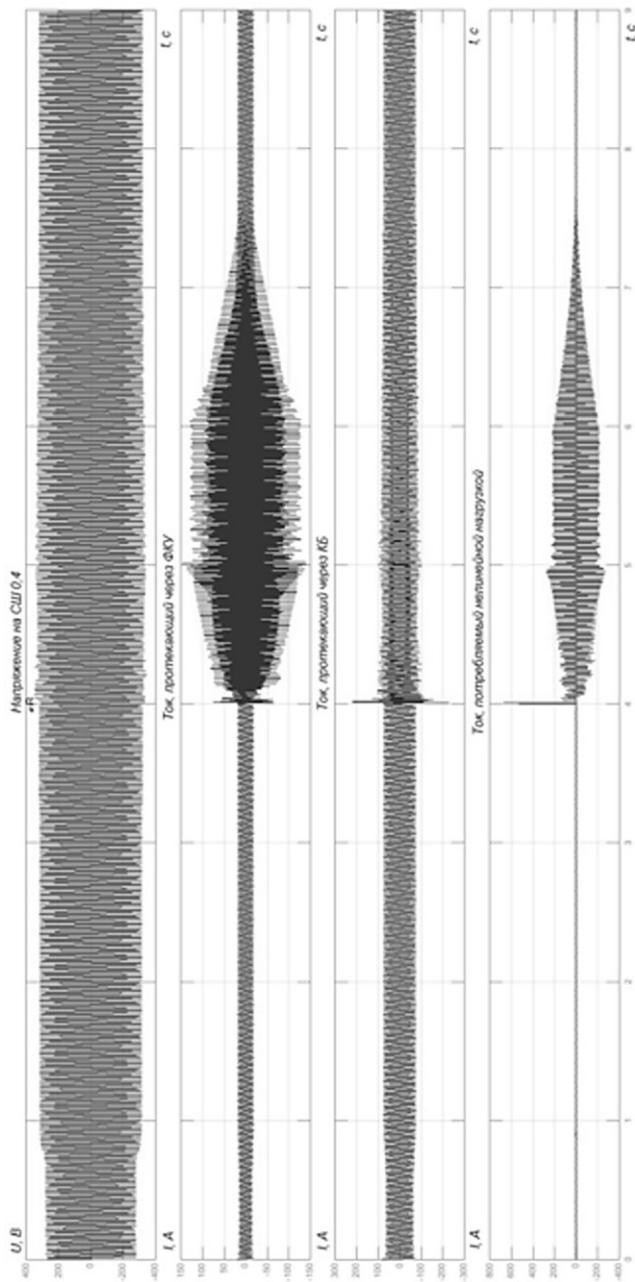


Рисунок 12. Спектральный анализ тока, протекающего через ФКУ на СШ 0,4 кВ

Коэффициент гармонических искажений тока, протекающего через ФКУ, составляет $\text{THD} = 431,30\%$, что доказывает протекание высших гармоник тока не через КБ, а через ФКУ на СШ 0,4 кВ.

Спектральный анализ тока, питающего нелинейную нагрузку на СШ 0,4 кВ, представлен на рисунке 13:

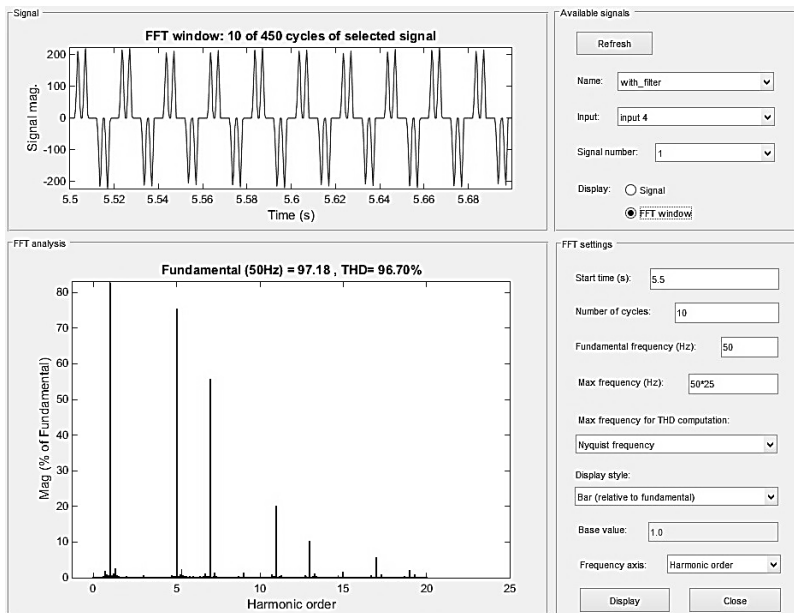


Рисунок 13. Спектральный анализ тока, питающего нелинейную нагрузку на СШ 0,4 кВ

Исходя из спектрального анализа на рисунке 13, коэффициент гармонических искажений тока, протекающего через нелинейную нагрузку на СШ 0,4 кВ, составляет $\text{THD} = 96,70\%$.

Заключение

Целью данной работы являлось обеспечение необходимых параметров качества на шинах питания, а также обеспечение ограничения предельно допустимого тока конденсаторных батарей.

Сделан вывод о целесообразности применения ФКУ на СШ 0,4 кВ и рассчитаны параметры ФКУ. Проведен спектральный анализ до и после подключения к системе ФКУ. Результат подключения ФКУ следующий:

- ток, протекающий через КБ на СШ 0,4 кВ, уменьшился более чем в 1,5 раза;

- коэффициент гармонических искажений напряжения на СШ 0,4 кВ составляет THD=3,36 % по сравнению с коэффициентом гармонических искажений до подключения ФКУ равным THD = 9,42 %;

- коэффициент гармонических искажений тока, протекающего через КБ на СШ 0,4 кВ, составляет THD = 5,70 % по сравнению с коэффициентом гармонических искажений до подключения ФКУ равным THD = 90,44 %, что является существенным снижением гармонических искажений тока, протекающего через КБ.

Установка ФКУ на предприятиях минерально-сырьевого комплекса целесообразна. Повышается качество электроэнергии, снижается стоимость реактивной мощности, уменьшается количество ремонтов конденсаторных батарей.

Список литературы:

1. Арриллага Дж., Бредли Б., Боджер П. Гармоники в электрических системах. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.
2. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения пром-предприятий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 168 с.
3. Ильяшов В.П. Конденсаторные установки промышленных предприятий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 152 с.
4. ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
5. IEEE Std 519-1992 IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems, 1992.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 10 КВ НА ОСНОВЕ РЕКЛОУЗЕРОВ ПСС-10

Батуева Дарья Евгеньевна

*магистрант, Санкт-Петербургский горный университет,
РФ, г. Санкт-Петербург*

INVESTIGATION OF INTELLECTUAL CONTROL SYSTEMS IN 10 KV DISTRIBUTION NETWORKS ON THE BASIS OF RECLOUSERS PSS-10

Daria Batueva

*master student, Saint Petersburg mining university,
Russia, Saint Petersburg*

Аннотация. Работа посвящена вопросу секционирования линий электропередач 6(10) кВ с помощью интеллектуальных устройств, что является важным техническим решением для повышения надежности энергосистемы, снижения количества и времени перерывов электро-снабжения. Предложено внедрение таких аппаратов как реклоузеры. Разработан алгоритм работы реклоузеров в распределительной сети 6(10) кВ, с помощью методики рассчитаны и выбраны места установки реклоузеров, рассчитаны показатели надежности и экономические эффекты, уменьшены коэффициенты SAIDI, SAIFI после внедрения оборудования в распределительную сеть.

Abstract. This master project is dedicated to the issue of partitioning of transmission lines 6(10) kV with smart devices, which is an important technical solution to improve the reliability of the power system, reducing the quantity and time of interruptions. The proposed implementation of such devices like reclosers. The developed algorithm of operation of reclosers in distribution networks 6(10) kV, designed and selected places of installation of reclosers using methods, calculated the reliability and economic effects, reduced ratios SAIDI, SAIFI after the introduction of equipment in distribution network.

Ключевые слова: показатели надежности; интеллектуальные коммутационные аппараты; реклоузер; SAIDI; SAIFI.

Keywords: reliability indicators; intelligent switching devices; recloser; SAIDI; SAIFI.

По сетям 6(10) кВ электроэнергия передается практически ко всем потребителям сельского хозяйства, городам с малоэтажными зданиями, коттеджным поселкам, средним и малым промышленным предприятиям, электрифицированным железным дорогам, газо- и нефтепроводам.

Потребители всегда заинтересованы в надежности и качестве электроснабжения. 70 % всех нарушений электроснабжения происходит именно в сетях этого класса напряжения, как показывает статистика [5]. Воздушные линии 6(10) кВ выработали свой нормативный ресурс почти на 40 % и нуждаются в реконструкции. Притом, что инвестиций в их техническое перевооружение и развитие не хватает [1].

Распределительные сети напряжения 6, 10 и 35 кВ (средний класс напряжения) проектируются и строятся, как правило, по радиальным схемам древовидной конфигурации с многократным резервированием магистралей. Аппараты защиты и коммутации устанавливаются на питающих центрах. Известно, что 80 % повреждений, которые возникают в распределительных сетях, изначально неустойчивы и устраняются путем многократного повторного включения линии (АПВ) [4]. Но из-за ограничений, накладываемых особенностями маломасляных выключателей, АПВ в таких сетях практически не используется. И если на линии случилось повреждение любого характера, то электроснабжение теряют потребители целого фидера. Из-за невозможности достоверно определить и устранить место повреждения длительность отключения может достигать нескольких часов (в каких-то районах даже суток). Поиск поврежденного участка и последующая локализация его производится силами оперативно-выездных бригад, с привлечением большого числа людей и техники.

Помимо износа электрических сетей необходимо рассмотреть уровень аварийности. Аварийность воздушных линий 6(10) кВ характеризуется следующими значениями. Удельное количество отключений воздушной линии 6(10) кВ на 100 км длины линии составляет 6-7 раз в год, а для районов со сложными геологическими и климатическими условиями, к которым относится большинство регионов, например, Сибири – 20-30 раз в год.

Зачастую проблема повышения надежности в распределительных сетях решалась за счет увеличения линий со строительством новых подстанций, а также строительством новых линий, разукрупняющих существующие. Данный способ достаточно эффективен технически, однако требует существенных капитальных затрат на этапе строительства и больших текущих расходов на последующем этапе эксплуатации.

Другим способом повышения надежности электроснабжения потребителей в сетях среднего класса напряжения считается многократное резервирование и секционирование линии разъединителями с ручным приводом, однако ему присущи все недостатки существующих распределительных сетей, описанные выше [3]. Многолетний опыт зарубежных стран показал, что одним из наиболее эффективных путей решения данной задачи является реализация принципа децентрализованной автоматизации и локализации аварийных режимов работы в сети на базе интеллектуальных коммутационных аппаратов нового поколения – реклоузеров.

Суть идеологии автоматического секционирования заключается в следующем:

- Сеть оснащается интеллектуальными автоматическими коммутационными аппаратами, которые по заранее запрограммированному алгоритму при возникновении аварийной ситуации позволяют автоматически и мгновенно выделять только поврежденный участок сети.

- Все изменения топологии сети происходят полностью автоматически, что исключает воздействие человеческого фактора, сеть при этом становится автоматизирована и управляема, а потребителям наносится минимальный ущерб.

- Автоматическое секционирование комплексно влияет на ключевые показатели надежности – недоотпуск электрической энергии, количество и длительность отключения потребителей.

Пункты секционирования устанавливаются как на магистрали (последовательное секционирование), так и в начале ответвлений (параллельное секционирование). При коротком замыкании за пунктом секционирования сохраняется питание остальных потребителей, присоединенных до секционирующего пункта, в этом и заключается эффект от автоматического секционирования.

Особенно эффективным оказывается секционирование с сетевым резервированием, когда участок линии, лишившийся основного питания, получает электроснабжение от другой неповрежденной линии. При этом перерывы в электроснабжении потребителей сокращаются более чем в 2 раза.

Можно выделить основные проблемы, которые необходимо решить или минимизировать:

- большая повреждаемость фидера;
- сложность подъезда для оперативно-выездных бригад к некоторым участкам фидера в разное время года;
- отсутствие системы диспетчеризации и информации о режимных параметрах;

- время восстановления электроснабжения;
- значительные затраты на проведение работ по поиску и локализации повреждений;
- несоответствие схемы подключения потребителей категории по надежности электроснабжения;
- ущерб для потребителей в связи с перерывами электроснабжения: повреждение оборудования, выпуск бракованной продукции и недовыпуск продукции;
- ущерб сетевой компании от перерывов электроснабжения – недоотпуск электрической энергии.

Основной технический эффект от применения реклоузеров – за счет снижения недоотпуска электроэнергии повышение надежности электроснабжения. Соответственно основной экономический эффект – снижение сумм в возможных исковых требованиях за недоотпуск электроэнергии.

Кроме того, применение реклоузеров позволит создать управляемую интеллектуальную сеть, сократить затраты на сбор, обработку и запись информации о режимах и событиях, профилактическое обслуживание линейного сетевого оборудования, поиск места повреждения на линии и повысить культуру эксплуатации распределительных сетей.

Коэффициенты SAIDI, SAIFI

В стандарте 1366 IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices [6] описаны следующие выражения для расчета показателей надежности.

- Эквивалентная продолжительность перерывов в электроснабжении на одного потребителя (SAIDI – System Average Interruption Duration Index) – среднее время отключения одного потребителя в системе.

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n r_i N_i}{N_T}, \quad (1)$$

где: N_i – количество потребителей в системе, где был перерыв в электроснабжении (i);

r_i – время перерыва(i), в часах;

N_T – общее количество потребителей в системе.

- Эквивалентная частота перерывов в электроснабжении на одного потребителя (SAIFI – System Average Interruption Frequency Index) – среднее число перерывов на одного потребителя, который был отключен, в течение определенного периода времени.

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n Ni}{N_t}, \quad (2)$$

где: i – число перерывов, от 1 до n ;

Ni – число потребителей в системе, где был перерыв в электроснабжении (i);

N_t – общее количество потребителей в системе.

Коэффициенты SAIDI, SAIFI в российском законодательстве фигурируют в Приказе Министерства энергетики Российской Федерации от 14 октября 2013 г. № 718 г. Москва «Об утверждении Методических указаний по расчету уровня надежности и качества поставляемых товаров и оказываемых услуг для организации по управлению единой национальной (общероссийской) электрической сетью и территориальных сетевых организаций», пункт 8.2 Порядок расчета значений индикативного показателя уровня надежности оказываемых услуг территориальными сетевыми организациями [2].

Показатели надежности

1. Количество отключений потребителей данного фидера:

$$\omega_{\text{п}} = 0,01 \cdot \omega_0 \cdot L \quad (3)$$

где: $\omega_{\text{п}}$ – количество отключений потребителя или группы потребителей, откл./год;

ω_0 – удельная частота повреждений на 100 км линии в год;

L – длина участка линии, к которому подключен потребитель, км.

2. Длительность перерывов электроснабжения потребителей данного фидера:

$$T_{\text{п}} = \omega_{\text{п}} \cdot T \quad (4)$$

где: $\omega_{\text{п}}$ – количество отключений потребителя или группы потребителей, откл./год;

T – среднее время восстановления одного устойчивого повреждения, ч.

При отсутствии статистических данных по рассматриваемому участку сети время восстановления нормального электропитания потребителя принимается равным 6-8 ч.

3. Величина недоотпуска электрической энергии потребителям:

$$\Delta W_{\text{но}} = \omega_{\text{п}} \cdot T \cdot P_{\text{нагр}} \quad (5)$$

где: $\omega_{\text{п}}$ – количество отключений потребителя или группы потребителей, откл./год;

T – среднее время восстановления одного устойчивого повреждения, ч;

$P_{\text{нагр}}$ – активная мощность нагрузки подстанции, кВт.

$$P_{\text{нагр}} = S_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi \cdot K_3 \quad (6)$$

где: $S_{\text{ном}}$ – номинальная мощность подстанции, кВА;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности;

K_3 – коэффициент загрузки.

Суммарный годовой недоотпуск электрической энергии:

$$\Delta W_{\text{но}} = \sum_{i=1}^n \Delta W_{\text{но}i}, \text{ где } \Delta W_{\text{но}i} = \omega_{\text{пуч}} \cdot T \cdot P_{\text{нагр}} \quad (7)$$

$\Delta W_{\text{но}}$ – суммарный годовой недоотпуск электроэнергии, кВт*ч/год;

$\Delta W_{\text{но}i}$ – годовой недоотпуск электроэнергии i -го потребителя, кВт*ч/год

$\omega_{\text{пуч}}$ – количество отключений группы потребителей на данном участке, откл./год

T – среднее время восстановления одного устойчивого повреждения на данном участке, ч;

$P_{\text{нагр}}$ – активная мощность потребителя, кВт.

Для учета влияния реклоузеров в схеме электроснабжения в приведенные выше формулы вводятся поправочные коэффициенты:

$$\omega_{\text{п}} = 0,01 \cdot \omega_0 \cdot (1 - k_{\text{ну}}) \cdot L \quad (8)$$

$$T_{\text{п}} = \omega_{\text{п}} \cdot T \cdot k_{\text{вв}} \quad (9)$$

где: $k_{\text{ну}}$ – коэффициент, учитывающий наличие многократных АПВ на устранение неустойчивых повреждений сети;

$k_{\text{вв}}$ – коэффициент, учитывающий влияние сокращения зоны поиска поврежденного участка за счет секционирования на общее время восстановления электроснабжения.

Применение реклоузеров позволяет повысить показатели надежности электроснабжения отдельного потребителя, группы потребителей и фидера в целом:

- за счёт влияния многократных АПВ на количество отключений при неустойчивых КЗ;

- за счёт влияния секционирования линии на снижение времени восстановления электроснабжения.

Объект исследования

Необходимо решить вопрос увеличения надежности энерго-снабжения потребителей фидере л. 1-02 при помощи установки реклоузеров серии РВА/TEL в магистраль и на отпайки.

Для этого рассмотрено три варианта расположения коммутационных аппаратов (схема с 3 и 4 реклоузерами). Для всех вариантов сделан расчет показателей технического и экономического эффектов от внедрений и на их основе сделан выбор наиболее оптимального.

Предполагается, что рекомендуемая схема установки реклоузеров снизит годовой недоотпуск электроэнергии почти в 5 раз, а время перерыва энергоснабжения потребителей, в среднем в 9 раз.

Количественные оценки, которые необходимо рассчитать и которые будут определяющими при выборе варианта автоматизации системы:

- количество отключений потребителей данного фидера;
- длительность перерывов электроснабжения потребителей данного фидера;
- величина затрат на поиск и локализацию повреждений;
- величина недоотпуска электрической энергии потребителям.

Участок электрической сети образован фидерами л. 1-02 ПС 110/10 и л. 1-01 той же ПС 110/10. Рассматриваемый участок характеризуется большой повреждаемостью и временем восстановления электроснабжения:

- удельное количество повреждений на фидере л. 1-02 составляет 7,93 отключений на 100 км при общем времени восстановления электроснабжения около 6,5 часов;
- удельное количество повреждений на фидере л. 1-01 составляет 47,16 отключений на 100 км при общем времени восстановления электроснабжения около 10,2 часов.

В связи с тем, что работы по локализации, поиску и выделению поврежденного участка на линии выполняются вручную методом последовательных переключений, количество отключений фидера и время восстановления обуславливают значительные издержки и потенциальные ущербы сетевой компании.

Для повышения надежности электроснабжения потребителей, снижения текущих издержек и ущербов сетевой компании предлагается реализовать децентрализованную систему управления аварийными режимами работы на базе реклоузеров РВА/TEL.

При повреждении на любом из участков схемы отключаются ближайшие к месту повреждения реклоузеры, тем самым выделяя поврежденный участок и восстанавливая электроснабжение на неповрежденных участках.

Выбор мест установки реклоузеров выполняется таким образом, чтобы:

- максимальное количество потребителей были подключены к магистральным участкам сети;
- выделялись участки с повреждаемостью выше среднего и труднодоступные участки сети;
- произведение суммарной длины линий на мощность для каждого участка были одного порядка, тем самым обеспечивается минимальное значение недоотпуска электрической энергии по фидеру в целом, что в конечном итоге, определяет максимальные значения параметров надежности электроснабжения для фидеров в целом.

Исходные данные

- Количество отключений фидера л.1-02 – 6 раз в год;
 - Количество отключений фидера л.1-01 – 16 раз в год;
- Рассчитаны коэффициенты загрузки оборудования потребителей -

K_3 .

От ПС 110/10 кВ по фидеру л.1-01:

$$K_3 = \frac{I_{\text{ПОТР}}}{I_{\text{НОМ}}} = \frac{S_{\text{ПОТР}}}{S_{\text{НОМ}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10 \text{кВ} \cdot 12}{2180} = 0,1 \quad (10)$$

От ПС 110/10 кВ по фидеру л.1-02:

$$K_3 = \frac{I_{\text{ПОТР}}}{I_{\text{НОМ}}} = \frac{S_{\text{ПОТР}}}{S_{\text{НОМ}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10 \text{кВ} \cdot 12}{1463} = 0,14 \quad (11)$$

Поскольку коэффициент каждого потребителя неизвестен, то принимаем, что все потребители фидера загружены равномерно.

Удельную повреждаемость фидера на 100 км рассчитываем по формуле:

От подстанции 110/10 кВ по фидеру л.1-01:

$$\omega_{02} = \frac{n_{\text{откл}} \cdot 100 \text{ км}}{L} = \frac{16 \cdot 100}{33,925} = 47,16 \text{ откл}/100 \text{ км} \quad (12)$$

От подстанции 110/10 кВ по фидеру л.1-02:

$$\omega_{01} = \frac{n_{\text{откл}} \cdot 100 \text{ км}}{L} = \frac{6 \cdot 100}{75,69} = 7,93 \text{ откл}/100 \text{ км} \quad (13)$$

Для последующего сравнения и проведения расчетов необходимо произвести разделение потребителей по группам (рисунок 1), для которых впоследствии будут рассчитываться показатели надежности электроснабжения.

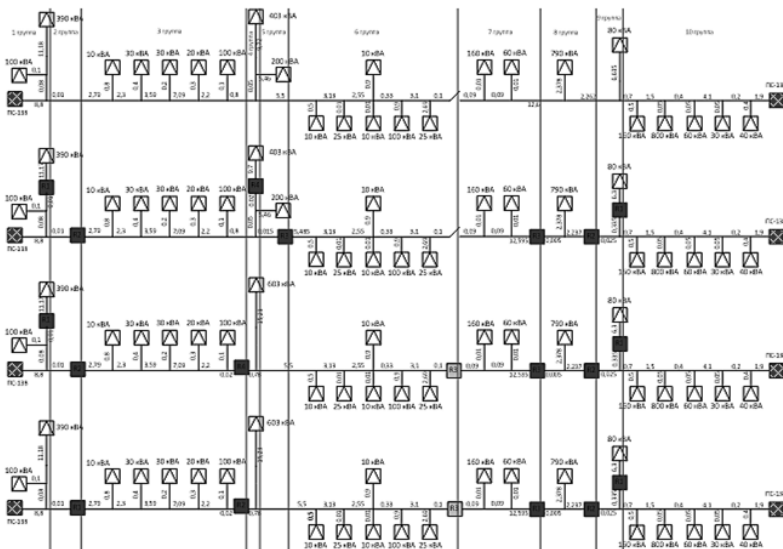


Рисунок 1. Разделение потребителей по группам

Расчет недоотпуска

Во всех вариантах ЗМН установлены на выключателях подстанций, соответственно, действие многократных АПВ распространяется на все участки линии.

Для варианта 1 принимаем коэффициент, учитывающий уменьшение времени на поиск и локализацию повреждения, $k_{ВВ1} = 0,5$ и $k_{ВВ2} = 0,55$. Коэффициент, учитывающий наличие АПВ принимаем равным $k_{ну} = 0,2$.

Для вариантов 2 и 3 принимаем коэффициент, учитывающий уменьшение времени на поиск и локализацию повреждения, $k_{ВВ} = 0,5$. Коэффициент, учитывающий наличие АПВ принимаем равным $k_{ну} = 0,2$.

Результаты расчетов приведены в таблице 1, а также в графическом виде на графиках 1-3.

Таблица 1.

Результаты расчетов технических эффектов

Вариант реконструкции	Параметр	Группа № 1	Группа № 2	Группа № 3	Группа № 4	Группа № 5	Группа № 6	Группа № 7	Группа № 8	Группа № 9	Группа № 10
Базовый	ω , откл./год	6	6	6	6	6	6	16	16	16	16
	T, ч/год	39	39	39	39	39	39	163,19	163,19	163,19	163,19
	Who, кВт·ч/год	37 031,42									
Вариант № 1	ω , откл./год	0,57	1,28	2,23	2,23	2,84	3,48	10,42	5,6	3,85	6,23
	T, ч/год	1,86	4,16	7,24	7,24	9,24	11,30	58,47	31,39	21,61	34,94
	Who, кВт·ч/год	6 677,20									
Вариант № 2	ω , откл./год	0,57	1,28	1,26	2,27	2,27	2,27	4,83	1,74	3,85	6,23
	T, ч/год	1,86	4,16	4,08	7,37	7,37	7,37	24,62	8,89	19,65	31,77
	Who, кВт·ч/год	4 087,22									
Вариант № 3	ω , откл./год	1,28	1,28	1,26	2,27	2,27	2,27	4,83	1,74	3,85	6,23
	T, ч/год	4,16	4,16	4,08	7,37	7,37	7,37	24,62	8,89	19,65	31,77
	Who, кВт·ч/год	4 114,63									

Графически результаты расчетов можно представить следующим образом:

1. Сравнение количества отключений потребителей участков в зависимости от варианта реконструкции сети. Как показывает рисунок 2, высокая вероятность количество отключений остается при 1 варианте реконструкции.

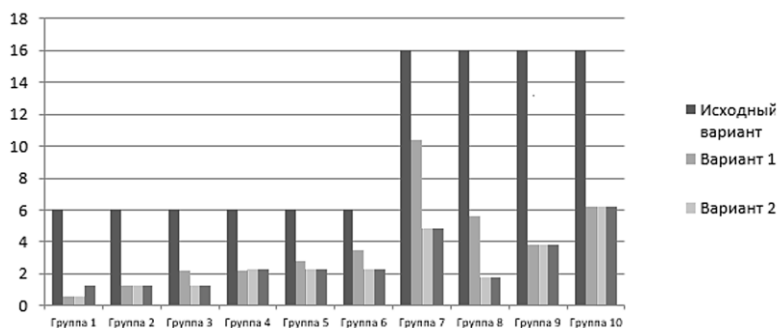


Рисунок 2. Сравнение количества отключений потребителей участков в зависимости от варианта реконструкции сети

2. Сравнение длительности отключений потребителей участков в зависимости от варианта реконструкции сети. Длительность отключений существенно сократилась после внедрения в сеть реклоузеров, высокая вероятность длительности отключений также остается при 1 варианте реконструкции.

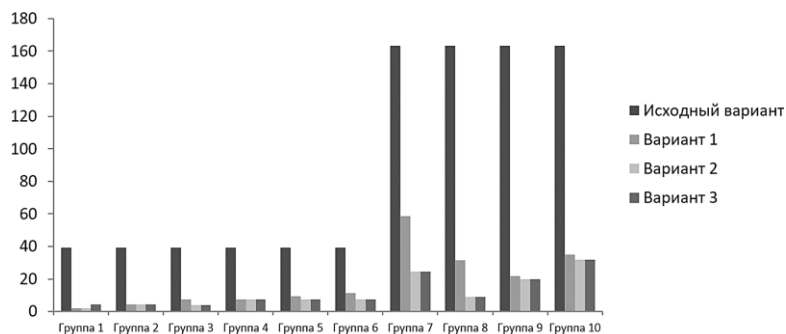


Рисунок 3. Сравнение длительности отключений потребителей участков в зависимости от варианта реконструкции сети

3. Сравнение недоотпуска электрической энергии для потребителей данного фидера в зависимости от варианта реконструкции сети. Недоотпуск электроэнергии для потребителей сократился примерно в 9 раз после внедрения в сеть реклоузеров, показатели недоотпуска 2 и 3 варианта приблизительно равны, при 1 варианте реконструкции сети недоотпуск электроэнергии выше

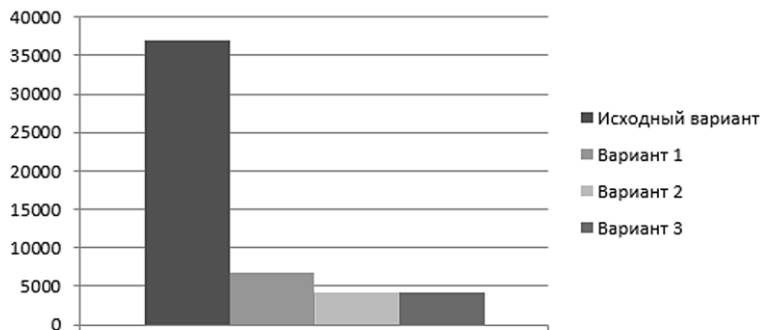


Рисунок 4. Сравнение недоотпуска электрической энергии для потребителей фидера в зависимости от варианта реконструкции сети

Расчет коэффициентов SAIDI, SAIFI

Пользуясь результатами расчетов таблицы 1 и учитывая, что показатели T и ω предусмотрены для годового периода, можно рассчитать показатели SAIDI и SAIFI для каждого варианта реконструкции по отношению к базовому варианту.

Рисунок 5 отображает сравнение показателей SAIDI от вариантов реконструкции для каждой группы потребителей.

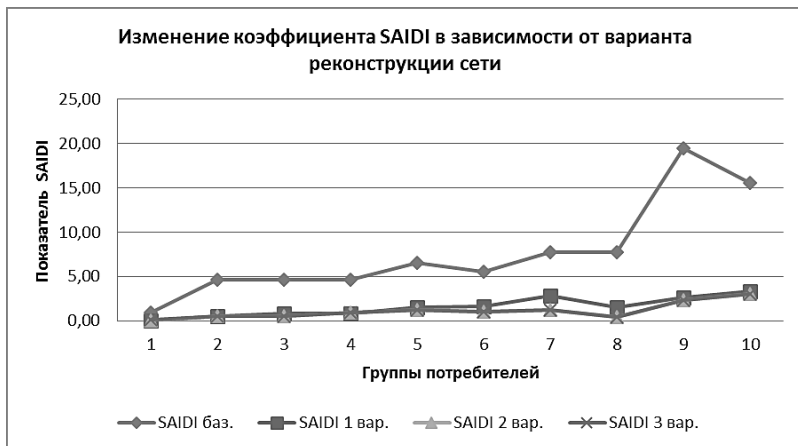


Рисунок 5. Сравнение показателей SAIDI от вариантов реконструкции для каждой группы потребителей

Рисунок 6 отображает сравнение показателей SAIFI от вариантов реконструкции для каждой группы потребителей.

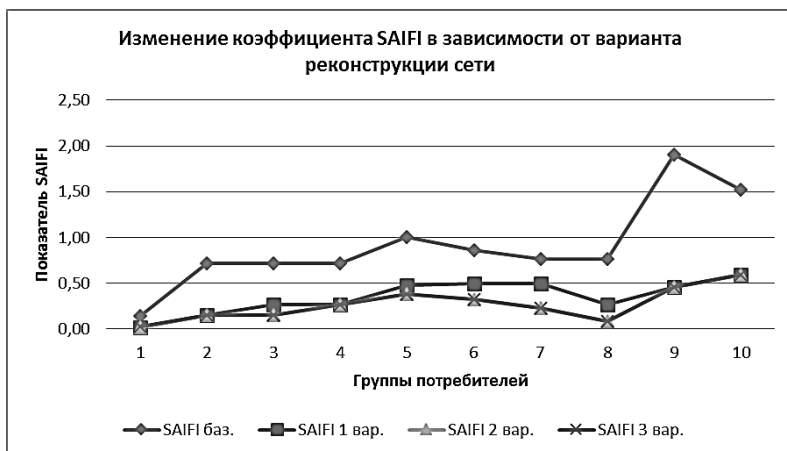


Рисунок 6. Сравнение показателей SAIFI от вариантов реконструкции для каждой группы потребителей

Проанализировав данные расчетов, можно также отметить, что наиболее низкие коэффициенты SAIDI и SAIFI были получены при реконструкции сети по 2 и 3 варианту. Это также означает, что данные коэффициенты применимы при расчетах российских распределительных сетей 6(10) кВ наравне с показателями надежности, принятыми в ГОСТах Российской Федерации.

С точки зрения надежности предпочтительным является вариант 2 с четырьмя реклоузерами и пунктом АВР, однако он практически не отличается от варианта 3. Таким образом, о его эффективности можно судить после расчета ущербов и срока окупаемости.

Расчет экономического эффекта

Согласно исходным данным для расчета и, приняв дополнительно в качестве исходных данных значения недоотпуска электрической энергии, количества и длительности отключений, которые были получены при расчетах технического эффекта, был рассчитан экономический эффект и результаты представлены в виде таблицы 2:

Таблица 2.

Результаты расчетов экономических эффектов

Показатель	Исходная схема	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Ущерб недоотпуска ЭЭ, руб./год	18 515,71	3 338,6	2 043,61	2 057,32
Ущерб потребителей, руб./год	281 746,32	47 432	31 103,73	31 311,97
Амортизация автомобиля, руб./год	14 558,4	2 724,48	1 941,16	1 941,16
ГСМ, руб./год	35 813,66	6 702,22	4 775,25	4 775,25
ФЗП, руб./год	75 825	32 778,53	30 330,68	30 330,68
Итого, руб./год	426 459,09	92 975,83	70 194,43	70 416,38

Результаты расчетов показывают, что варианты реконструкции 2 и 3 практически идентичны, затраты сетевой компании (издержки и ущербы) примерно равны: 70 194,43 руб. для 2 варианта и 70 416,38 руб. для 3 варианта реконструкции. Но вариант реконструкции с применением трех реклоузеров более оптимальный, чем вариант с применением четырех, так как стоимость начальных вложений меньше.

Заключение

Результаты расчетов технических и экономических показывают, что: реконструкция сети с помощью трех реклоузеров позволяет значительно сократить величину возможных ущербов для всех потребителей; применение третьего и четвертого реклоузеров для целей секционирования линии дополнительно повышает надежность электроснабжения всех потребителей фидера, и сокращает эксплуатационные издержки сетевой компании.

Вариант с применением трех реклоузеров более оптимальный, чем с применением четырех, так как при меньшей стоимости начальных вложений затраты сетевой компании (издержки и ущербы) примерно равны.

Во всех трех расчетных вариантах установлены ЗМН на головных выключателях ПС, а не на реклоузере, т. к. в этом случае действие многократных АПВ реклоузеров распространяется на все участки сети. Тем самым обеспечивается сокращение числа устойчивых отключений начальных участков линии.

В качестве варианта реконструкции рекомендуется принять вариант 3 с установленными ЗМН на выключателях ПС 110/10 кВ. Схема реконструированных участков приведена на рисунке 7:

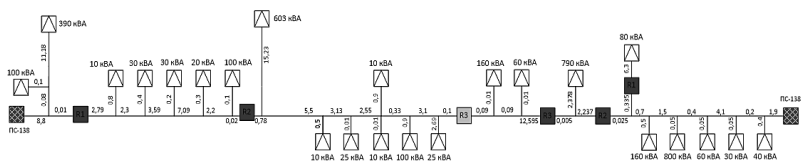


Рисунок 7. Схема реконструкции участков сети (л.1-02 и л.1-01) с применением трех реклоузеров на фидере л.1-02 и установленными ЗМН на выключателях ПС 110/10 кВ

Научным результатом работы можно считать повышение показателей надежности в распределительной сети 6(10) кВ с помощью установки реклоузеров. Так как реклоузеры можно отнести к интеллектуальным коммутационным аппаратам, то существует много вариантов применения данного оборудования в Smart Grids.

Реклоузеры перспективно внедрять в сетях с возобновляемыми источниками энергии, которые в современной энергетике находят всё большее применение, для управления конфигурацией сети при различной выработке электроэнергии.

Список литературы:

1. Боков Г.С. Техническое перевооружение российских электрических сетей. Сколько это стоит? // Новости электротехники, 2002, № 2, 5 с.
2. Будзко И.А. Электроснабжение сельского хозяйства / И.А. Будзко, Т.Б. Лещинская, В.И. Сукманов // М.: Колос, 2000, 496 с.
3. Бuzин С.А. Современная релейная защита и автоматика для целей автоматизации воздушных электрических сетей 6-10 кВ / С.А. Бuzин, В.В. Воротницкий // СПб: ООО «РК Таврида Электрик», 2010, 4 с.
4. Черкасова Н.И. Анализ состояния сельских электрических сетей 10 кВ в свете мониторинга отказов / Ползуновский вестник № 4, 2012, 6 с.
5. Черкасова Н.И. Моделирование, анализ и оптимизация потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях 10 - 0,4 кВ / Монография // Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008, 95 с.
6. IEEE Standards 1366-2003 IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices // 2004, 44 с.

РАЗДЕЛ 2.

МАТЕМАТИКА

2.1. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ, ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

СНИЖЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ САМОЛЕТА МС-21

Железнов Олег Владимирович

*канд. техн. наук, доц. кафедры ММТС,
Ульяновский Государственный Университет,
РФ, г. Ульяновск*

Чекаев Юрий Юрьевич

*магистрант, Ульяновский Государственный Университет,
РФ, г. Ульяновск*

В статье описывается процесс изготовления деталей, входящих в самолетокомплекты изделия МС-21 изготавливаемых на крупном авиастроительном предприятии АО «Авиастар-СП». Описан процесс производства деталей, выявлены его недостатки. Обосновывается решение в виде использования инструментов имитационного моделирования. Проводится обзор критериев и параметров, необходимых для создания имитационной модели. Представлена схема перемещений деталей между цехами. Рассматривается интеграция данных в программный продукт AnyLogic в виде теории систем массового обслуживания.

Благодаря развитию цифровых технологий на сегодняшний день становится возможным рассматривать материальный логистический поток с различных углов обзора. Системы имитационного моделирования, а именно дискретно-событийной модели позволяют просматривать всю цепочку производства в динамике [1].

МС-21 является ближне-среднемагистральным узкофюзеляжным пассажирским самолетом, призванным составить конкуренцию зарубежным представителям данного класса, таким как: Boeing и Airbus. В производстве самолетоккомплектов для МС-21 задействованы более десяти предприятий с набором узкоспециализированных компетенций, среди которых является авиастроительное предприятие АО «Авиастар-СП».

Одной из практических задач данного исследования является снижение затрачиваемых ресурсов на производство деталей МС-21, при этом, не уступая в качестве продукции. Авиастроительное предприятие АО «Авиастар-СП» занимается изготовлением панелей для отсеков фюзеляжа изделия, отсека подкилевого и вспомогательной силовой установки (ВСУ), дверей, сборкой киля и стабилизатора. В свою очередь названные позиции включают в себя тысячи отдельных составляющих деталей. Например, панель отсека фюзеляжа состоит из обшивки, дублера, стрингеров, компенсаторов и заклепок. Каждая деталь проходит несколько участков обработки и приобретает требуемые свойства. Некоторые технологические операции на отдельных участках цехов: отжиг, обтяжка анодирование, склейка, покрытие, сборка. Данный процесс может длиться, в среднем 5–10 дней, а расстояние, которое деталь проходит между участками исчисляется в километрах.

В свою очередь, до выхода на серийное производство, отработка технологий логистических потоков изготовления и проведение НИОКР требует вложения больших финансовых и временных ресурсов. Логистический процесс изготовления самолетоккомплектов для МС-21 является объектом исследования в данной работе. Отсюда следует необходимость собрать производственные показатели в одном месте и воспроизвести их в динамике для визуального восприятия полного цикла производства в разрезе.

В работе были поставлены следующие задачи:

- провести анализ и обзор технологического и логистического процесса производства номенклатуры МС-21;
- выделить и описать изготавливаемые компоненты самолетоккомплектов;
- создать имитационную модель движения номенклатуры самолетоккомплектов;
- провести оптимизационные эксперименты на полученной модели.

В настоящее время с использованием САПР ТП «ТеМП2» на АО «Авиастар-СП» в разделе «цикловые графики» возможно в разрезе

увидеть стадию готовности детали. Реализованный модуль отображает вводимые в него данные в виде диаграмм и является иллюстрирующим снимком производства до следующего ввода актуальной информации. На первый взгляд может возникнуть интерес к указанному модулю, но при детальном рассмотрении, было установлено, что согласно техническому заданию модуль имеет специфическое предназначение и необходим для директивных указаний по стадии производства самолетокомплектов. В данном контексте может быть проведен анализ и прогнозирование представленных данных производства с большой долей погрешности, потому как показатели являются статическими. Другими словами, показатели производства и выходные данные не являются взаимозависимыми.

Исходя из выше сказанного, следует, что при изменении показателей производства, выраженных в пропускной способности оборудования, наличие ресурсов и временных рамок представить реальную картину недалекого будущего, не говоря уже о перспективе, довольно проблематично.

В результате анализа существующих решений, можно сделать вывод, что на данный момент нет инструмента в полной мере удовлетворяющего условиям поставленной задачи.

Рассматриваемая задача транспортировки деталей в условиях ограничений на территории АО «Авиастар-СП», в силу своей схожести со схемой обслуживания заявок, требует рассмотрения с применением подхода системы массового обслуживания (СМО) [2]. Такую систему можно представить моделью с абстрактными объектами, где в качестве заявки для поступления – заготовка детали, а инструменты для обработки заявки – технологическое оборудование в цехе. Например, объекты типа «очередь» имитируют ожидание без обработки [4]. Также в работе применяется ряд других показателей, характеризующих динамику производства.

На данный момент существует большое количество программных продуктов, специализирующихся на решении подобных задач. Из множества рассмотренных систем выделен программный продукт «AnyLogic». Данный выбор сделан по причине наличия в системе модуля дискретно-событийного моделирования, а также возможности проверки адекватности работы интегрированных данных в модели с использованием системы массового обслуживания.

Стоит отметить, что производственные мощности АО «Авиастар-СП» постоянно обновляются, за счет чего должна расти и производительность труда. Рассмотрим укрупненный технологический процесс изготовления самолетокомплектов для МС-21. На сегодняшний день технологический процесс формирования панели отсека фюзеляжа

имеет в составе технологические операции «химическое травление обшивки», «склейка обшивки и дублера». Проведение этих операций необходимо для придания форм указанным позициям и подразумевает транспортировочные и временные расходы на доставку детали в определенный цех. При запуске в производство МС-21 был адаптирован под ограничения производственных возможностей предприятия. В настоящее время заложен фундамент и идет монтаж нового обрабатывающего центра M-Torges призванного улучшить качество обрабатываемых позиций, сократить материальные затраты, а в следствии и продолжительность цикла производства деталей за счет изготовления панели из цельного листового металла методом 3D-фрезерования и удаления из технологического процесса некоторых операций. Другими словами, изменяется технологический процесс изготовления панели, в котором отсутствуют обшивка и дублер как отдельные элементы, а вместе с ними и технологические операции формирования, транспортировки, склейки и другие. Теоретически сложно представить какие будут результаты при вновь вводимых показателях изготовления деталей.

В ходе обзора процесса изготовления деталей МС-21 были выявлены следующие недостатки производства:

- недостоверные сроки изготовления деталей;
- неоптимальная загрузка цехового оборудования;
- невозможно в короткий срок получить данные о фактической готовности детали;
- расхождение запланированного количества деталей с фактически изготовленным.

В результате разработки и использования имитационной модели планируется выполнять обоснованный расчет необходимых ресурсов для выполнения плана производства, в следствии чего возможно снизить себестоимость изготавливаемой продукции.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- уменьшить расстояния транспортировки за счет переноса мест складирования. Это повлечет снижение транспортных расходов примерно на 5 %;
- свести к минимуму возникновение риска срыва сроков изготовления деталей за счет представления в динамике технологического процесса.

Для решения выделенных подзадач создана имитационная модель (ИМ) производства самолетоконструкций для МС-21. Имитация – это множество разнообразных моделей воспроизведения материального

объекта, его формы, структуры, количественной величины, энергии, качества и других представлений, а также событий, действий, прогнозов и т. д., которые являются отражением функций данного материального объекта и в таком аспекте тоже являются материальными [3].

Структура ИМ отражает структуру реальной системы массового обслуживания процесса производства самолетоккомплектов для МС-21. При обзоре и анализе логистического процесса были выявлены следующие показатели для включения в имитационную модель:

- переналадка оборудования;
- гибкость оборудования (способность обрабатывать широкий спектр задач);
- время, требуемое по технологическому процессу;
- пропускная способность оборудования;
- периодичность поступления деталей;
- приоритетность деталей из n-го перед n-1 самолетоккомплексом.

Данные показатели влияют на качество продукции и как следствие на темпы изготовления самолетоккомплектов. Из вышесказанного следует, что ИМ будет являться многокритериальной.

Выявленный алгоритм зависимостей показателей интегрирован в AnyLogic в виде схемы обслуживания заявок (рисунок).

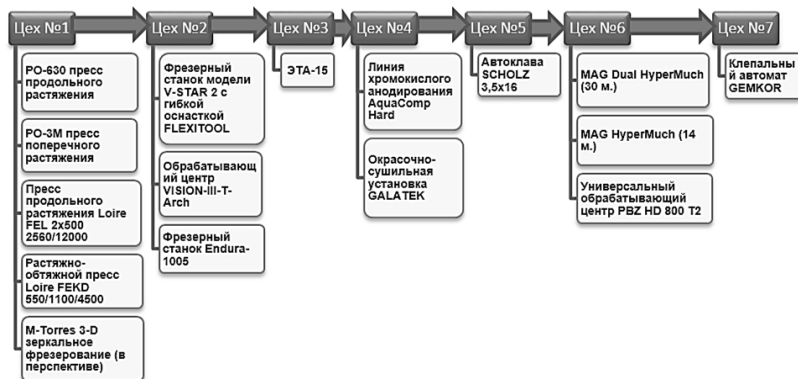


Рисунок 1. Укрупненная схема производства панелей

В модели реализованы различные возможные риски срыва сроков изготовления деталей и отставания от плана. Это может быть выражено как выходом из строя обрабатывающего оборудования и возможностью подобрать на время ремонта альтернативную замену,

так и скоплением заявок в очереди и передачи части из них на аутсорсинг, в смежный цех.

После создания ИМ следует проверка на адекватность при сравнении выходных данных фактического производства за прошедший период времени с моделируемым. На основе выходных данных определяется их симптоматичность и формулируются меры воздействия на ситуацию.

Это дает возможность пользователю программного обеспечения на базе проверенной ИМ в короткий период времени представить несколько стратегий производства.

Ценность полученной ИМ заключается в проведении оптимизационных экспериментов направленных на сокращение потерь, которые видны только при детальном рассмотрении. Вторым, но не по важности моментом использования ИМ является возможность обнаружить «узкие места» производства, задавая количество изготавливаемых самолетоккомплектов.

Практическая часть данного исследования, как и его продолжение, будет заключаться в возможности применить ИМ для других изделий со схожим технологическим процессом в пределах АО «Авиастар-СП», например - ИЛ-476, и участники промышленной кооперации – ИЛ-112 и ТУ-160. Потребуется уточнение и корректировка данных на входе логистического процесса ИМ по производимой номенклатуре.

Для продолжения научно-исследовательской работы в выбранном направлении данная модель может войти в укрупненную модель технологического процесса производства всех составляющих МС-21 в промышленной кооперации самолетостроительных предприятий, как отдельная ветвь изготовления номенклатуры на территории АО «Авиастар-СП».

Как уже отмечалось, на МС-21 возлагаются большие надежды по укреплению позиций на авиационном рынке. Поэтому для решения поставленной задачи, на данном этапе необходимо уточнить недостающие показатели производительности оборудования. Сложность сбора объективной информации заключается в разрозненности мнений по циклам работы оборудования. Это порождает требование к учету многих факторов влияющих на продолжительность изготовления деталей.

Разработанная имитационная модель позволит проводить расчет и анализ показателей для организации производства изготовления самолетоккомплектов для МС-21 с минимальными финансовыми затратами на оборудование.

Список литературы:

1. Боев В.Д. Компьютерное моделирование: Пособие для практических занятий, курсового и дипломного проектирования в AnyLogic 7:.. – СПб.: ВАС, 2014. – 432 с.
2. Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания: Учебник. М.: Изд-во РУДН, 1995. – 529 с., ил.
3. Кобелев Н.Б., «Имитационный анализ и моделирование мировых процессов с учетом хаотических факторов,» Седьмая Всероссийская Научно-практическая Коференция «Имитационное молелирование. Теория и практика» (ИММОД-2015), 2015.
4. Маликов Р.Ф., Практикум по имитационному моделированию сложных систем в среде AnyLogic 6, Уфа: БГПУ, 2013.

РАЗДЕЛ 3.

МЕХАНИКА

3.1. МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

ОСОБЕННОСТИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО УДАРА ШАРА ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ПО АЛЮМИНИЕВЫМ И ТИТАНОВЫМ ПЛАСТИНАМ

Мешков Владимир Валентинович

*д-р техн. наук, проф.,
Тверской государственной технической университет, ТвГТУ,
РФ, г. Тверь*

Васильев Максим Викторович

*канд. техн. наук,
Тверской государственной технической университет, ТвГТУ,
РФ, г. Тверь*

Козлов Антон Ильич

*студент магистратуры,
Тверской государственной технической университет, ТвГТУ,
РФ, г. Тверь*

FEATURES OF HIGH-VELOCITY IMPACT OF A SPHERE OF CARBON STEEL ON ALUMINUM AND TITANIUM PLATES

Vladimir Meshkov

*doctor of technical sciences, professor,
Tver State Technical University, TvSTU.,
Russia, Tver*

Maxim Vasiliev

*candidate of Technical Sciences,
Tver State Technical University, TvSTU.,
Russia, Tver*

Anton Kozlov

*student of magistracy,
Tver State Technical University, TvSTU.,
Russia, Tver*

Аннотация. Оценка высокоскоростных воздействий на элементы конструкций является важной задачей при проектировании современной техники. В работе проведено компьютерное моделирование высокоскоростного удара шара по пластинам, дана оценка защитных свойств исследуемых пластин, а также определена минимальная толщина пластин, при которой шар не пробивает конструкцию.

Abstract. Assessment of high-velocity impacts on structural elements is an important task in the design of modern engineering. In work, a computer simulation of a high-speed velocity of a sphere on obstacles has been carried out, an assessment of protective properties of investigated plates is given, in which the sphere does not break through the structure.

Ключевые слова: высокоскоростной удар; напряжённо-деформированное состояние; компьютерное моделирование; пластины; метод конечных элементов.

Keywords: high-velocity impact; stress-strain state; computer simulation; plates; finite element method.

1. Актуальность исследования

В процессе проектирования новых изделий в различных отраслях машиностроения требуется учёт возможных процессов, связанных с интенсивными высокоскоростными воздействиями различной природы, сопровождающиеся большими деформациями и разрушением элементов конструкций. Оценка и анализ напряжённо-деформированного состояния твёрдых тел при высокоскоростном ударе представляет собой важное направление в обеспечении безопасности и нормального функционирования изделий.

Существует два основных метода решения рассматриваемых задач: проведение экспериментальных исследований и компьютерное моделирование. Экспериментальные исследования обладают высокой точностью и достоверностью, но стоимость проведения эксперимента

высока и занимает длительное время. Наиболее перспективным является компьютерное моделирование в специализированных программно-вычислительных комплексах конечно-элементного моделирования (ANSYS, ABAQUS и др.). Компьютерное моделирование позволяет получать нужную информацию в интересующей точке взаимодействия твёрдых тел, даёт возможность оценивать степень деформации и разрушения исследуемых объектов. Этот метод получил широкое распространение и применяется как в отечественных, так и зарубежных исследованиях.

В исследовании [3] моделировался процесс группового удара высокоскоростных элементов по космическому аппарату. Авторы отмечают, что применение численных методов представляется теоретически и практически важной задачей. Результаты моделирования показали, что воздействие высокоскоростных элементов группы стержней представляет большую опасность по сравнению с воздействием одиночного ударника. В работе разработана численная методика, позволяющая моделировать процессы взаимодействия оболочек космических аппаратов с высокоскоростными стержнями в широком диапазоне скоростей.

В работе [4] проведено расчётно-экспериментальное исследование стойкости брони при воздействии пули калибра 7,62 мм. Результаты компьютерного моделирования показали хорошее соответствие с экспериментальными данными. На основе результатов расчёта была выбрана наиболее рациональная конфигурация брони и разработана конструкторская документация противоосколочной защиты кузова-контейнера.

В работе [6] представлено экспериментальное и численное исследование поведения многослойных композитов. Натурные испытания на пробитие были проведены на многослойных панелях, наружный слой которых состоял из алюминиевого сплава или титанового сплава, а внутренний наполнитель из композита на основе полиэфирэфиркетона (ПЭЭК). Результаты моделирования находятся в хорошем согласовании с экспериментальными данными, максимальная ошибка с результатами эксперимента составила 15 %. Авторы отмечают, что многослойные композиты на основе ПЭЭК являются перспективным материалом для применения в противоударных элементах различных конструкций.

Целью настоящей работы является оценка высокоскоростного воздействия стального ударника на алюминиевые и титановые пластины, а также подбор оптимальной конструкции препятствующей пробитию.

2. Постановка задачи

Расчётная схема представляет собой две плоские прямоугольные пластины размером 76x76 мм. Пластины закреплены жёсткой заделкой за боковые грани. Ударяющее тело – шар диаметром 7,6 мм из стали У12А. Скорость шара составляет $V = 800$ м/с, вектор скорости направлен перпендикулярно к поверхности пластины в её центр. В работе рассматривается удар по двум разнесённым на расстояние 15 мм пластинам трёх конструкций:

А. материал 1 и 2 пластины – алюминиевый сплав АМг6, толщина 1 пластины $h = 3$ мм, толщина 2 пластины $h = 2$ мм;

В. материал и толщина 1 пластины аналогичны конструкции А, материал 2 пластины – титановый сплав ВТ6 толщиной $h = 2$ мм;

С. материал и толщина 1 пластины аналогичны конструкции А, материал 2 пластины – титановый сплав ВТ6 толщиной $h = 3$ мм.

В таблице представлены свойства используемых материалов, приведённые из [1; 2; 5].

Таблица 1.

Свойства материалов

Свойство	Материалы		
	У12А	АМг6	ВТ6
Плотность, кг/м ³	7830	2700	4430
Модуль упругости, ГПа	210	70	123
Коэффициент Пуассона	0,3	0,35	0,3
Предел текучести, МПа	1370	285	910
Предел прочности, МПа	1570	335	1000
Относительное удлинение при разрыве	0,09	0,15	0,14

3. Компьютерное моделирование

Компьютерное моделирование проводится методом конечных элементов в программном комплексе ANSYS/LS-DYNA.

В программном комплексе для расчёта применяется пластическая кинематическая модель материала (Plastic Kinematic), использующая определяющее уравнение Купера-Саймондса (Cowper-Symonds):

$$\sigma_T = \left[1 + \left(\frac{\dot{\varepsilon}}{D} \right)^{\frac{1}{P}} \right] (\sigma_0 + \beta E_P \varepsilon_{\text{eff}}^P),$$

где: σ_{T_0} – статический предел текучести, МПа;

$\dot{\varepsilon}$ – скорость деформации, с^{-1} ;

D, P – коэффициенты уравнения;

β – параметр упрочнения;

E_P – модуль упрочнения, МПа;

$\varepsilon_{\text{eff}}^P$ – эффективная пластическая деформация.

Используемая модель учитывает кинематическое и изотропное упрочнение, а также описывает зависимость динамического предела текучести σ_T от скорости деформации. Критерием разрушения является достижение эффективной пластической деформацией $\varepsilon_{\text{eff}}^P$ предельного значения.

При построении сетки конечных элементов используется элемент 3D Solid 164, представляющий собой объёмный шестигранник с восьмью узлами, расположенными в вершинах. Сетка конечных элементов пластин имеет сгущение в месте взаимодействия тел. Средний размер конечных элементов шара и пластин равен 0,9 мм.

Количество слоёв конечных элементов составляет 3 слоя при толщине пластины $h = 2$ мм, и 4 слоя при толщине пластины $h = 3$ мм.

Для моделирования контактного взаимодействия в расчёте используется эрозионный тип контакта. Выбранный тип характеризуется тем, что контакт между телами происходит по поверхностям. Если поверхность, состоящая из узлов, разрушилась, в контакт вступают следующие узлы.

4. Результаты моделирования

Результаты моделирования высокоскоростного удара шара по трём различным конструкциям показали следующее.

Конструкция А.

Стальной шар пробил насквозь две алюминиевые пластины, рисунок 1а. На периферии сквозных отверстий образовались две лунки. Максимальные перемещения в 1 пластине равны $l_{\text{max}} \approx 2,4$ мм, а во 2 пластине – $l_{\text{max}} \approx 3,5$ мм. Диаметр отверстия в 1 пластине равен $d_1 \approx 8,19$ мм, во 2 равен $d_2 \approx 8,2$ мм. Скорость шара после пробития 1 пластины упала на 120 м/с, что составляет 15 % от начальной

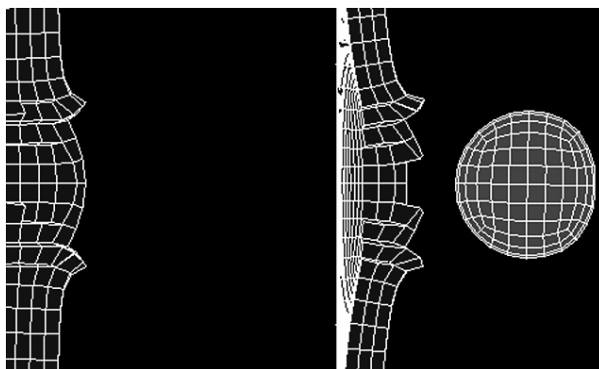
скорости шара. После пробития 2 пластины скорость шара упала на 75 м/с, что составляет 9,4 % от начальной скорости. Масса шара после пробития пластин практически не изменилась, образовалась пластическая деформация в виде вмятины.

Конструкция Б.

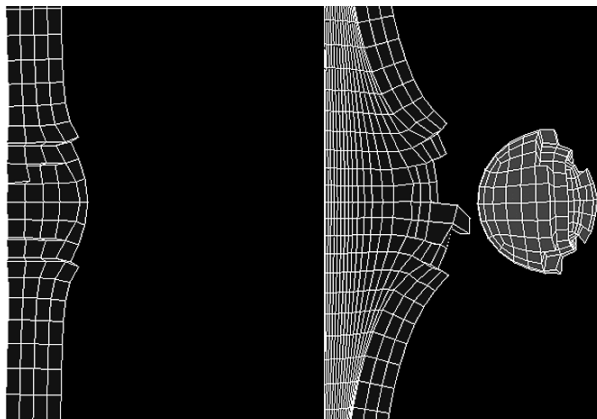
В алюминиевой и титановой пластинах шар пробил сквозное отверстие, рисунок 1б. На периферии сквозных отверстий также образовались две лунки. Скорость шара, диаметр отверстия и максимальные перемещения после пробития алюминиевой пластины аналогичны ранее зарегистрированным показателям в первой конструкции. Максимальные перемещения во 2 пластине равны $l_{\max} \approx 8$ мм. Диаметр отверстия во 2 пластине равен $d_2 \approx 7,8$ мм. После пробития титановой пластины скорость шара упала на 280 м/с, что составляет 35 % от начальной скорости. В результате пробития двух пластин произошло местное разрушение шара. Масса ударяющего тела уменьшилась на 0,19 г, что составляет 10,5 % от начальной массы, рисунок 2а.

Конструкция В.

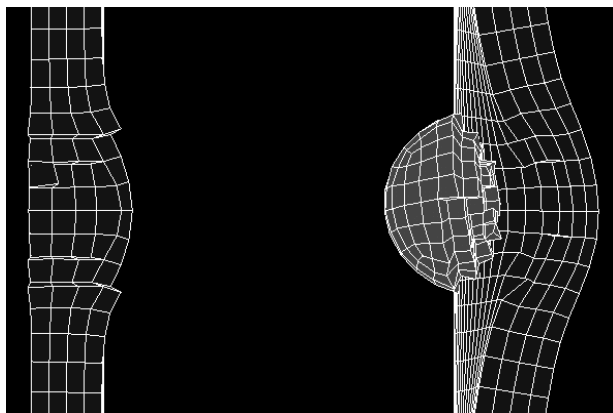
Шар насквозь пробил алюминиевую пластину, а в титановой пластине оставил вмятину, рисунок 1в. Скорость шара, диаметр отверстия и максимальные перемещения после пробития алюминиевой пластины аналогичны ранее зарегистрированным показателям в первой конструкции.



а)



б)

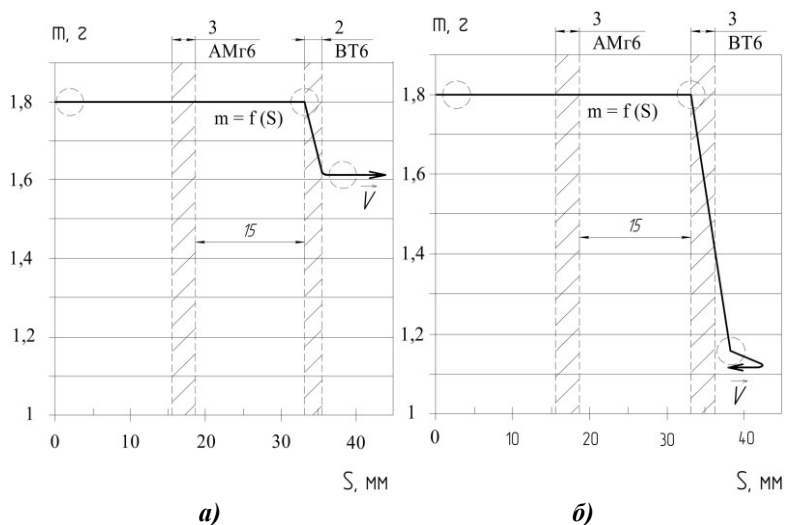


в)

**Рисунок 1. Деформированная модель: а – конструкция А;
б – конструкция Б; в – конструкция В**

Максимальные перемещения во 2 пластине равны $l_{\max} \approx 5,8$ мм. Максимальные напряжения в области контакта 2 пластины и шара составляют $\sigma_{\max} \approx 1250$ МПа, что превышает предел прочности σ_v титанового сплава. При данных напряжениях происходит локальное разрушение нескольких слоёв конечных элементов титановой пластины, и, вероятно, образуются трещины рядом с областью удара.

После контакта со 2 пластиной и ее прогиба, скорость шара упала, после чего траектория движения шара изменилась на противоположную по оси удара, а его скорость составила 40 м/с. В результате контакта с титановой пластиной масса шара упала на 0,642 г, что составляет 35,7 % от начальной массы, рисунок 2б.



**Рисунок 2. График зависимости массы шара от пройденного пути
S: а – конструкция Б; б – конструкция В**

Оптимальной конструкцией препятствующей пробитию, является конструкция В: первая пластина – АМг6 толщиной $h = 3$ мм, вторая пластина – ВТ6 толщиной $h = 3$ мм.

Список литературы:

1. Белецкий В.М. Алюминиевые сплавы (состав, свойства, технология, применение). Справочник / В.М. Белецкий, Г.А. Кривов; под общей ред. Академика РАН И.Н. Фридляндера – К.: «КОМИНТЕХ», 2005. – 365 с.
2. Экспериментальная верификация моделей деформационного поведения и высокоскоростного разрушения титанового сплава ВТ6 / Л.В. Воронов [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. – 2011. – № 4(4). – С. 991–997.

3. Герасимов А.В. Численное моделирование группового удара высокоскоростных элементов по космическому аппарату / А.В. Герасимов, С.В. Пашков // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2014. – № 3 (29). – С. 57–64.
4. Кулаков Н.А. Расчетно-экспериментальное исследование стойкости композитной керамической брони при воздействии пуль и высокоскоростных осколков / Н.А. Кулаков, А.Н. Любин, А.С. Скакбаева // Известия МГТУ. – 2012. – №2. – С. 206–213.
5. Стали и сплавы. Марочник: Справочное издание / В.Г. Сорокин [и др.] – М.: «Интермет Инжиниринг», 2001. – 608 с.
6. García-González D. High impact velocity on multi-layered composite of polyether ether ketone and aluminium / D. García-González, M. Rodríguez-Millán, A. Vaz-Romero & A. Arias // Composite Interfaces. – 2015. – Vol. 22, № 8. – P. 705–715.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

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

*Сборник статей по материалам VI международной заочной
научно-практической конференции*

№ 5 (6)
Июль 2017 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 20.07.17. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 13,375. 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