

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛОГОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ВЕСТНИК
ВОЛОГОДСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в 2018 г.

№ 3 (9) / 2020

СЕРИЯ: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВОЛОГДА
2020

№ 3 (9) / 2020 / ОКТЯБРЬ. Выходит 4 раза в год.

Научный журнал «Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки» включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) с 2018 г.

Полнотекстовые версии выпусков научного журнала размещены в свободном доступе на сайте Научной электронной библиотеки (www.elibrary.ru)

Серия: Технические науки

Группы специальностей: 05.02.00 Машиноведение, системы приводов и детали машин;
05.13.00 Информатика, вычислительная техника и управление;
05.23.00 Строительство и архитектура

Учредитель и издатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодский государственный университет»

Свидетельство о регистрации СМИ: ПИ № ФС77-75456 от 05 апреля 2019 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Главный редактор

А.А. Кочкин, доктор технических наук, зав. кафедрой промышленного и гражданского строительства, доцент Вологодского государственного университета

Заместители главного редактора:

А.Е. Немировский, доктор технических наук, профессор Вологодского государственного университета,

А.Н. Швецов, доктор технических наук, профессор Вологодского государственного университета

Секретарь

В.А. Раков, кандидат технических наук, доцент Вологодского государственного университета

Члены редколлегии:

А.Н. Алюнов, кандидат технических наук, зам. директора Института машиностроения, энергетики и транспорта Вологодского государственного университета,

В.П. Гусев, доктор технических наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией Научно-исследовательского института строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН),

И.В. Зефирова, кандидат технических наук, доцент Вологодской государственной молочнохозяйственной академии им. Н.В. Верещагина,

К.В. Кияненко, доктор архитектуры, профессор Вологодского государственного университета,

В.И. Леденёв, доктор технических наук, профессор Тамбовского государственного технического университета,

С.В. Лукин, доктор технических наук, профессор Череповецкого государственного университета,

В.И. Римшин, доктор технических наук, профессор Научно-исследовательского института строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН),

А.С. Степанов, кандидат технических наук, доцент Вологодского государственного университета,

С.А. Мясникова, кандидат технических наук, зам. директора Инженерно-строительного института Вологодского государственного университета,

В.А. Шорин, доктор химических наук, профессор Вологодского государственного университета,

И.Л. Шубин, доктор технических наук, директор Научно-исследовательского института строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН)

Переводчик – *Т.В. Михайлюк*, кандидат педагогических наук, доцент Вологодского государственного университета

Редакторы – *А.И. Ланькова*, *А.П. Митракова*, *Н.Н. Постникова*

Оригинал-макет – *Н.В. Подхомутова*

Адрес редакции: 160000, г. Вологда, ул. Сергея Орлова, д. 6, каб. 202а; тел.: 8 (8172) 76-91-92, 72-11-55
e-mail: vestniktech@vogu35.ru

ISSN 2658-3399

© ФГБОУ ВО «Вологодский
государственный университет», 2020

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION
FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION
VOLOGDA STATE UNIVERSITY

BULLETIN OF VOLOGDA STATE UNIVERSITY

SCIENTIFIC JOURNAL

First published in 2018

No. 3 (9) / 2020

SERIES: TECHNICAL SCIENCIES

VOLOGDA
2020

No. 3 (9) / 2020 / OCTOBER. It is issued 4 times a year.

Scientific Journal "Bulletin of Vologda State University. Series: Technical sciences" has been included into Russian Science Citation Index (RSCI) since 2018.

Full-text versions of the scholarly journal issues are freely available on the website of Scientific Electronic Library (www.elibrary.ru)

Series: Technical Sciences

Academic areas: 05.02.00 Mechanical engineering, drive systems and machine parts;
05.13.00 Computer science, computer engineering and management;
05.23.00 Construction and architecture

Founder and publisher: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Vologda State University

Mass Media Registration Certificate: PI No. FS77-75456 dated of April 05, 2019 was issued by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technologies and Mass Communications (Roskomnadzor)

Editor-in-Chief

A.A. Kochkin, Doctor of Engineering, Head of the Department of Industrial and Civil Construction, Associate Professor of Vologda State University

Assistant editors:

A.N. Shvetsov, Doctor of Engineering, Professor of Vologda State University

A.E. Nemirovsky, Doctor of Engineering, Professor of Vologda State University

Secretary:

V.A. Rakov, Candidate of Engineering, Associate Professor of Vologda State University

Members of the Editorial Board:

A.N. Alyunov, Candidate of Engineering, Deputy Director of the Institute of Engineering, Energy and Transport, Vologda State University,

V.P. Gusev, Doctor of Engineering, Senior Researcher, Head of the Laboratory of the Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences (NIISF RAASN),

I.V. Zefirov, Candidate of Engineering, Associate Professor of Vologda State Dairy and Economics Academy named after N.V. Vereshchagin,

K.V. Kiyanko, Doctor of Architecture, Professor of Vologda State University,

V.I. Ledenev, Doctor of Engineering, Professor of Tambov State University,

S.V. Lukin, Doctor of Engineering, Professor of Cherepovets State University,

V.I. Rimshin, Doctor of Engineering, Professor of the Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences (NIISF RAASN),

S.A. Myasnikova, Candidate of Engineering, Deputy Director of Civil Engineering Institute of Vologda State University

A.S. Stepanov, Candidate of Engineering, Associate Professor of Vologda State University,

V.A. Shorin, Doctor of Chemistry, Professor of Vologda State University,

I.L. Shubin, Doctor of Engineering, Director of the Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences (NIISF RAASN)

Translator – *T.V. Mikhailyuk*, Candidate of Pedagogy, Associate Professor of Vologda State University

Editors – *A.I. Lankova*, *A.P. Mitrakova*, *N.N. Postnikova*

Original layout – *N.V. Podhomutova*

Editorial office: 160000, Vologda, Sergeya Orlova st., 6, office 202a; tel.: 8 (8172) 76-91-92, 72-11-55

e-mail: vestniktech@vogu35.ru

Содержание

МАШИНОВЕДЕНИЕ, СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ И ДЕТАЛИ МАШИН

<i>Григорьев А.В.</i> КОМПЛЕКС ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	7
<i>Попов И.П.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНЕРТНОГО ТРИПЛЕТНОГО МАЯТНИКА В ВИБРАЦИОННЫХ СОРТИРОВАЛЬНЫХ МАШИНАХ.....	11
<i>Попов И.П.</i> ПОСТРОЕНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ СОРТИРОВАЛЬНЫХ МАШИН ПО СХЕМЕ МУЛЬТИИНЕРТНОГО ОСЦИЛЛЯТОРА.....	14
<i>Трушин Н.Н.</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕМНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ МАШИН.....	18

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

<i>Водовозов А.М., Громов В.И., Плеханов С.А.</i> СИСТЕМА УДАЛЕННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ AVR-МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ	23
<i>Водовозов А.М., Корытов И.П., Козин Д.Ю.</i> РАЗРАБОТКА ЭМУЛЯТОРА ЖЕСТКОГО ДИСКА НА БАЗЕ КАРТЫ ПАМЯТИ ТИПА SD	26
<i>Глазов А.Д., Кручинин И.А., Семенов А.Д.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ВЕРХНЕЙ ПЛАНКИ НАПОРНОГО УСТРОЙСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	29
<i>Корнеев А.П.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ В СРЕДЕ МАТЛАВ	33
<i>Смирнов П.И., Пикалев О.Н.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗНОГО РАСЧЕТА ЗАТРАТ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ И РЕАЛИЗАЦИЯ ЕЕ В СРЕДЕ MS EXCEL	36
<i>Швецов А.Н.</i> ФОРМАЛИЗАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ СРЕДСТВАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ТЕОРИИ КАТЕГОРИЙ.....	40

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

<i>Булат А.Д., Филенков В.М., Обрубов В.А., Бобков Н.Л., Литовченко О.В.</i> ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ПРИРОДНЫХ СВОЙСТВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ.....	45
<i>Булат А.Д., Филенков В.М., Бобков Н.Л., Обрубов В.А., Литовченко О.В.</i> МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ПРОЕКТЕ ЗАИМСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗ ПРИРОДЫ.....	48
Булгаков Ш.Э. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПЕЧНОГО ПРОЛЕТА С РАБОЧЕЙ ПЛОЩАДКОЙ ОСИ “1–51”, РЯДЫ “В–Г” ЭСПЦ ОАО «СЕВЕРСТАЛЬ»	54
<i>Кабанов Е.А.</i> ПРИЧИНЫ МАЛОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ СТЕН КАМЕННЫХ ЗДАНИЙ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СУДЕБНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРТИЗ	58
<i>Никитина Е.М.</i> ГОРОД. УЛИЦА. ДОМ. ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЙ АНАЛИЗ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ДОМА ЛЕВАШОВА В ВОЛОГДЕ.....	61
<i>Поляков Т.А., Поварова О.А.</i> РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ВСПЕНЕННОГО КОНСТРУКЦИОННОГО ПЛАСТИКА ИЗ ПЭТ-ТАРЫ.....	68
<i>Синицын А.А., Стратунов О.В., Басков Д.В.</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	70
<i>Ситников А.В.</i> УНИФИКАЦИЯ ШАБЛОНА ПРОЕКТА ПРИ ПОСТРОЕНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТИПОВОГО ОБЪЕКТА ВОЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	75
<i>Сведения об авторах</i>	78

CONTENTS

MACHINING, DRIVE SYSTEMS AND MACHINE PARTS

<i>Grigoriev A.V.</i> COMPLEX OF COMPUTER VISION FOR SECURITY SYSTEMS	7
<i>Popov I.P.</i> USE OF INERT TRIPLET PENDULUM IN VIBRATION SORTING MACHINES	11
<i>Popov I.P.</i> CONSTRUCTION OF VIBRATING SORTING MACHINES ON THE SCHEME OF A MULTI-INERT OSCILLATOR	14
<i>Trushin N.N.</i> DEVELOPMENT OF CLASSIFICATION SYSTEM OF MACHINES VOLUME HYDRAULIC DRIVES	18

COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

<i>Vodovozov A.M., Gromov V.I., Plekhanov S.A.</i> REMOTE PROGRAMMING SYSTEM FOR AVR MICROCONTROLLERS	23
<i>Vodovozov A.M., Korytov I.P., Kozin D.Y.</i> DEVELOPMENT OF HARD DISK EMULATOR BASED ON SD CARDS	26
<i>Glazov A. D., Kruchinin I.A., Semenov A.D.</i> DETERMINING THE POSITION OF THE PRESSURE DEVICE UPPER BAR USING NEURAL NETWORKS	29
<i>Korneev A.P.</i> MATHEMATICAL MODELING OF ELECTROMECHANICAL SYSTEM WITH DISTRIBUTED PARAMETERS IN MATLAB	33
<i>Smirnov P.I., Pikalev O.N.</i> MATHEMATICAL MODEL FOR PREDICTIVE CALCULATION OF CAR MAINTENANCE COSTS AND ITS IMPLEMENTATION IN MS EXCEL	36
<i>Shvetsov A.N.</i> FORMALIZATION OF INTELLECTUAL INFORMATION-TELECOMMUNICATION SYSTEMS BY MEANS OF MATHEMATICAL TOOL OF THE CATEGORY THEORY	40

CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

<i>Bulat A.D., Filenkov V.M., Obrubov V.A., Bobkov N.L., Litovchenko O.V.</i> ASSESSMENT OF THE POSSIBILITIES TO USE NATURAL PROPERTIES IN WATER DISINFECTION TECHNOLOGIES	45
<i>Bulat A.D., Filenkov V.M., Bobkov N.L., Obrubov V.A., Litovchenko O.V.</i> METHODOLOGICAL APPROACH IN THE PROJECT OF BORROWING TECHNOLOGIES FROM NATURE	48
Bulgakov Sh.E. RESULTS OF THE SURVEY OF BUILDING STRUCTURES OF FURNACE SPAN WITH THE WORKING PLATFORM ON THE AXIS “1-51”, ROWS “V-G” OF ESPC OF SEVERSTAL JSC	54
<i>Kabanov E.A.</i> REASONS FOR LOW ENERGY EFFICIENCY OF STONE BUILDINGS WALL STRUCTURES IN VOLOGDA REGION BASED ON THE RESULTS OF FORENSIC CONSTRUCTION EXPERTISE	58
<i>Nikitina E.M.</i> CITY. STREET. HOUSE. HISTORICAL AND CULTURAL ANALYSIS OF THE LEVASHOV’S HOUSE IN VOLOGDA	61
<i>Polyakov T.A., Povarova O.A.</i> DEVELOPMENT OF A METHOD FOR OBTAINING FOAMED STRUCTURAL PLASTIC FROM PET CONTAINER	68
<i>Sinitsyn A.A., Stratunov O.V., Baskov D.V.</i> RESULTS OF ENERGY EFFICIENCY ASSESSMENT OF THE ENTERPRISE THAT PRODUCES REINFORCED CONCRETE PRODUCTS	70
<i>Sitnikov A.V.</i> TO THE QUESTION OF UNIFICATION OF THE PROJECT TEMPLATE WHEN CONSTRUCTING AN INFORMATION MODEL OF A MILITARY INFRASTRUCTURE TYPICAL OBJECT	75
<i>Information about the authors</i>	78



КОМПЛЕКС ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Вологодской области в рамках государственного научного гранта Вологодской области, проект «Гиростабилизированный опорно-поворотный комплекс технического зрения»

В статье представлены результаты работы автора в области систем видеонаблюдения, предназначенных для применения в комплексах обеспечения безопасности граждан. Для иллюстрации выводов коллективом под руководством автора был разработан тепловизионный панорамный прибор наблюдения. Прибор предназначен как для стационарных объектов, так и для мобильных платформ. Приведены результаты оптимизации наблюдательных систем для северо-западного региона Российской Федерации.

Наблюдение, тепловизионный, техническое зрение, безопасные дороги, безопасный город, наведение линии визирования.

Рынок наблюдательных систем заполнен достаточно плотно. Здесь представлено практически любое решение с возможностью выбора характеристик. В такой ситуации основным ресурсом, который ограничивает выбор характеристик для построения системы безопасности, становятся денежные средства. Необходима методика формирования или оптимизации процесса выбора характеристик наблюдательных приборов с учетом их стоимости. Известно, что для построения систем с большим сектором обзора, применяется два основных способа:

- применение группы камер, расположенных по окружности на неподвижном основании [1] (разрешающая способность камер видимого диапазона, как правило, не менее FULHD);

- использование поворотных платформ с высоко-разрешающими наблюдательными каналами [2], [3].

Преимуществом первой схемы является работа в реальном времени с большими полями зрения. То есть одновременно с высокой детализацией видно окружающее пространство. Минусом является то, что для использования возможностей камер приходится передавать огромные массивы данных, что является технической проблемой, особенно при необходимости работы по радиоканалу. Однако при построении систем обзора, которые для наведения используют положение головы человека, другие способы неэффективны, так как мышцы человека позволяют при повороте головы развивать скорость до 500 градусов в секунду, создать привод с этими параметрами достаточно проблематично.

Вторая схема не требует линий связи с высокой пропускной способностью. И при работе в сканирующем режиме можно получить такое же изображение местности, как в первом случае. Зарубежным примером такого прибора является FLIR M324S (теп-

ловизионный прибор стоимостью порядка 8 тыс. долларов и дальностью обнаружения человека до 450 м).

В качестве целевого применения прибора наблюдения мы определяем системы для обеспечения безопасности людей в городской черте и в пригородах. В городской черте, в том числе и в небольших населенных пунктах, здания и зеленые насаждения, как правило, не позволяют видеть далее чем 300-700 метров, следовательно, не требуется обнаружения целей на больших дистанциях. Кроме того, из-за производственной деятельности человека и высокого количества транспорта с двигателями внутреннего сгорания с низким классом экологичности, в городской черте практически круглогодично присутствуют облака смога. Поэтому использование тепловизионного прибора позволит не только уменьшить аварийность на улицах городов, но и за счет анализа коэффициентов пропускания атмосферы проводить мониторинг экологической ситуации, что также немаловажно для обеспечения безопасности граждан. Был проведен ряд экспериментов, как теоретических, так и эмпирических, в результате которых мы остановились на разработке наблюдательного прибора с дальностью обнаружения человека до 200 м при существенном снижении стоимости комплекса по сравнению с аналогами. В условиях недостаточной освещенности дальности 200 м достаточно для обнаружения различных препятствий на пути следования техники и своевременного принятия решения, или раннего предупреждения о приближении человека или автомобиля. Это актуально в связи с тем, что нередки случаи наезда на людей в зоне слабоосвещенных пешеходных переходов и установка дополнительной сигнализации об опасности существенно снизила бы риск ДТП.

Комплекс, разработанный ООО «Гарда», – это базовая модель как стационарных, так и мобильных ав-

томатизированных комплексов. Данная разработка может быть применена при реализации проектов «Безопасный город» и «Безопасные дороги», а также агрокомплексами, службами аэропортов, производителями наземной и воздушной техники, частными лицами и предприятиями, спецслужбами. Расчетные характеристики комплекса представлены в таблице.

Таблица

**Технические характеристики
гиростабилизированного опорно-поворотного
комплекса технического зрения**

Напряжение питания, В	от 14 до 36
Потребляемая мощность, Вт	не более 30
Выход видео	PAL, Ethernet
Степень защиты	IP56
Углы наведения линии визирования: - по азимуту; - по углу места (ограничивается перекрытием поля зрения конструктивными элементами платформы)	360° 260°
Максимальная угловая скорость наведения линии визирования	100°/с
Среднеквадратическая ошибка стабилизации линии визирования, мрад	не более 0,3
Температурная чувствительность канала (NETD), мК	не более 140
Спектральный диапазон, мкм	8–14
Размер тепловизионной матрицы, пикс	320×288
Размер пикселя тепловизионной матрицы, мкм	15
Диапазон рабочих температур	от -40°С до +50°С
Вес, кг	не более 1,5
Время готовности к работе, с	не более 30
Габаритные размеры, мм	не более 110×141,5



Рис. 1. Общий вид гиростабилизированного опорно-поворотного комплекса технического зрения

Гиростабилизированный опорно-поворотный комплекс технического зрения состоит из:

- тепловизионного канала;

- платформы, содержащей:
 - а) исполнительные механизмы поворота и подъема по азимуту и углу места;
 - б) датчики угла;
 - в) двухплоскостной блок гиротаксометров;
 - г) блок управления наведением и стабилизацией по азимуту и углу места;
 - д) вращающиеся контактные устройства.

Тепловизионный канал основан на микроболометрической матрице. Высокоапертурный объектив проецирует изображение местности в плоскость чувствительного элемента матрицы. Матрица, состоящая из чередующихся слоев металла и полупроводника, преобразует тепловое излучение объектов в электрический сигнал. Ценность тепловизионного канала диапазона 8–14 мкм состоит в его высокой чувствительности и высокой помехозащищенности. В отличие от диапазона 3–5 мкм, приборы, работающие в этом диапазоне, остаются эффективными и в области отрицательных температур. Каждый из диапазонов имеет свои преимущества, но сегодня не осталось производителей, которые оставили в производстве болометрические матрицы диапазона 3–5 мкм, поэтому выбор основан, в том числе и на экономической целесообразности. Изображения, полученные с тепловизионной матрицы комплекса, представлены на рисунках 2 и 3.

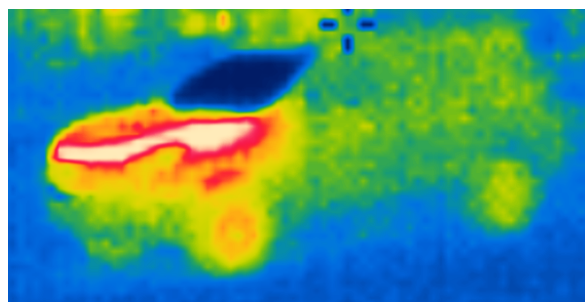


Рис. 2. Изображение с тепловизионной матрицы автомобиля с расстояния 40 метров

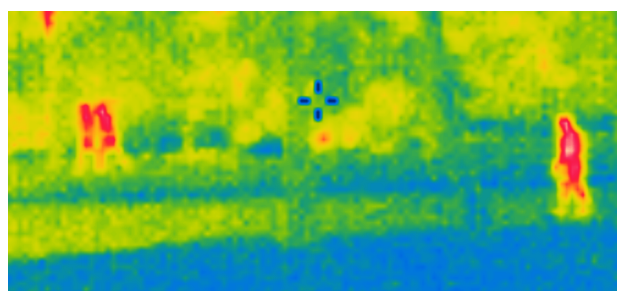


Рис. 3. Изображение с тепловизионной матрицы одного человека с расстояния 60 метров и двух людей с расстояния 90 метров

Тепловизионный канал закреплен на платформе комплекса технического зрения. Внутри платформы расположены исполнительные механизмы наведения линии визирования по азимуту и углу места, абсолютные магнитные датчики углового положения, блок гиротаксометров двухплоскостной.

В целях создания приборов массового применения мы постарались разработать прибор с ценовым диапазоном менее 150 тыс. руб.

При выборе исполнительных механизмов приводов по азимуту и углу места следует произвести оценочный расчет необходимого крутящего момента электродвигателей.

Исходные данные для расчета:

- момент инерции подвижной части канала по азимуту – $J=0.000876 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$;
- амплитуда входного воздействия – $5\pm 1^\circ$;
- частота воздействия – $0,9 \text{ Гц}$.

В режиме стабилизации необходимый момент определяется по формуле

$$M=J\cdot\epsilon + M_{\text{тр}}, \quad (1)$$

где ϵ – угловое ускорение подвижной части, J – момент инерции подвижной части, $M_{\text{тр}}$ – момент трения.

$$\epsilon = A\cdot\omega^2, \quad (2)$$

$$\omega = 2\cdot\pi\cdot f, \quad (3)$$

где A – амплитуда колебаний, рад; ω – угловая частота колебаний, рад/с;

f – частота колебаний, Гц.

Моментом трения пренебрежем.

Подставляя исходные данные в формулы и округляя, получим:

$$\epsilon=0,105\cdot(2\cdot 3,14\cdot 0,8)^2=2,65 \approx 2,7 \text{ рад/с}^2,$$

$$M=0,000876\cdot 2,7=0,0023652 \approx 0,0024 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Подходящим по габаритам и стоимости является двигатель BGM5208-200-12, момент которого составляет $0,148 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Для унификации, учитывая меньшие габариты и массу канала по углу места, применим такой же двигатель для привода вертикального наведения.

Для достижения необходимых технических характеристик и приемлемой стоимости комплекса произведен выбор следующих комплектующих.

С целью обеспечения работы комплекса при скоростях управления до $100^\circ/\text{с}$ в качестве чувствительных элементов блока гироскопов выбраны датчики ADXRS290 (AnalogDevices), которые имеют уровень шума – $0,004^\circ/\text{с}/\sqrt{\text{Гц}}$, высокое подавление вибраций в широком диапазоне частот, малую задержку $<0,5 \text{ мс}$ при частоте входного сигнала 30 Гц в конфигурации с максимальной шириной полосы и рабочий диапазон измерения угловых скоростей от $-100^\circ/\text{с}$ до $100^\circ/\text{с}$. Данные датчики специально предназначены для оптических систем стабилизации изображения, а также для систем стабилизации различных платформ, имеют сравнительно небольшую стоимость среди аналогичных устройств.

Для измерения углового положения приводов вертикали и горизонтали, управления коммутацией обмоток электродвигателей для поддержания равномерности момента [4], а так же для вычисления угловой скорости, с целью удешевления конструкции и достижения необходимых технических показателей выбраны датчики AS5048A (AMS), которые представляют собой 14-разрядные абсолютные магнитные угловые энкодеры, для установки на оси вращения. Выходной интерфейс датчиков – SPI, что позволяет подключать их напрямую к управляющему микропроцессору без дополнительных схемотехнических решений.

Система управления двигателями состоит из двух контуров в режиме работы по положению: контура регулятора скорости и контура регулятора положения. Причем в режимах управления по положению выход контура регулятора положения замкнут на вход контура регулятора скорости. Обратная связь по скорости осуществляется дифференцированием углового положения.

Регулятор положения реализован в виде дискретного П-регулятора, регулятор скорости в виде дискретного ПИ-регулятора [5]. Приняты меры по компенсации насыщения интегрального звена. В режиме работы по скорости и в режиме стабилизации контур по положению не используется, используется задание скорости либо с командного интерфейса, либо с блока гироскопов.

Для уменьшения шумовой составляющей с датчиков углового положения и блока гироскопов используется усреднение по 4 точкам. Контур регулирования скорости работает с частотой 1 кГц . Контур регулирования положения работает с частотой 250 Гц .

В итоге платформа обеспечивает наведение и стабилизацию линии визирования по азимуту и углу места без ограничения числа оборотов в любую сторону. Объединение всех узлов в защищенном от пыли и воды корпусе позволило получить шарообразный модуль с наружным диаметром, не превышающим 110 мм .

Вариант наблюдательного комплекса и полученные в ходе разработки результаты предполагается использовать как базу для создания приборов оснащенных аналитическими функциями. Учитывая климатические особенности северных регионов, предусмотрена система обогрева приводов и очистки защитных окон. Как говорилось вначале статьи, необходимость передачи больших объемов данных, является одним из ограничений дальности действия наблюдательных комплексов. При подключении к централизованному серверу большого количества периферийных станций мы вынуждены увеличивать в геометрической прогрессии его вычислительные возможности. Следовательно, целесообразно применение распределенной сети. Часть аналитических функций первого уровня выполняется на борту прибора. На центральную консоль поступает лишь информация, необходимая для принятия решения. Что позволит разгрузить оператора и увеличить длительность его эффективной работы, а также уменьшить потоки данных, передаваемых по радиоканалам. Считаем целесообразным проведение экспериментальных работ с комплексом в части мониторинга состояния атмосферы при помощи тепловизионного канала. Сегодня тепловизоры применяются для поиска взрывчатых веществ и нами предлагается их использование для поиска источников загрязнения в тех случаях, когда комплекс установлен в составе мобильного комплекса.

В результате проведенной работы разработан комплект РКД, изготовлен опытный образец и экспериментально проверены результаты расчета для выбора комплектующих. Потенциал комплекса может быть раскрыт при проведении дополнительных экспериментов, в проектах «Безопасный город» для мониторинга атмосферы и «Безопасные дороги» для обес-

печения безопасности пешеходов в неосвещенных местах.

Комплекс технического зрения обладает следующими преимуществами:

- всепогодность (адаптация к климатическим условиям Российской Федерации) и всесуточность;
- цена (не более 150 тыс. руб.), которая позволяет массово использовать комплекс;
- отечественные комплектующие и программный продукт;
- возможность использования комплекса как на стационарных объектах, так и в составе мобильных (в т.ч. роботизированных) комплексов;
- компактный размер и открытая архитектура, которая позволяет встраивать его в состав комплексов.

Литература

1. Исследования и разработка новой цифровой портативной фото/видео аппаратуры для панорамной

съемки. – ФГАОУ ВО Белгородский государственный национальный исследовательский университет. – URL: <https://4science.ru/conference2015/theses/14.581.21.0003> (дата обращения: 11.07.2020). – Текст : электронный.

2. Прибор панорамный, ПАО «Красногорский завод им. С.А. Зверева», патенты. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2708535_C1_20191209 (дата обращения: 11.07.2020). – Текст : электронный.

3. Панорамный прибор наблюдения командира, АО «Вологодский оптико-механический завод», патенты. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2682141_C1_20190314 (дата обращения: 11.07.2020). – Текст : электронный.

4. Овчинников, И. Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе / И. Е. Овчинников. – Санкт-Петербург : Корона-Век, 2010. – 332 с.

5. Astrom, K. J. Advanced PID control / Astrom K. J., Hagglund T. – ISA – The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 2006.

A.V. Grigoriev
Garda LLC

COMPLEX OF COMPUTER VISION FOR SECURITY SYSTEMS

The article presents the results of the author's work in the field of video surveillance systems intended for use in the complexes for ensuring the safety of citizens. To illustrate the conclusions the team led by the author developed a thermal imaging panoramic observation device. The device is designed both for stationary objects and mobile platforms. The results of optimization of observational systems for the northwestern region of the Russian Federation are presented.

Surveillance, thermal imaging, computer vision, safe roads, safe city, line of sight guidance.



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНЕРТНОГО ТРИПЛЕТНОГО МАЯТНИКА В ВИБРАЦИОННЫХ СОРТИРОВАЛЬНЫХ МАШИНАХ

В статье представлена методика расчета инертного триплетного маятника. Методика может применяться для разработки вибросортировальных машин с тремя массивными рабочими органами, которые широко востребованы в настоящее время. Построение их привода по схеме инертного триплетного маятника позволит исключить развитие непроизводительной реактивной механической и электрической мощностей для повышения энергоэффективности машин, а также обеспечит их балансировку. В инертном триплетном маятнике колебания обусловлены взаимным преобразованием кинетических энергий грузов. В отличие от традиционных колебательных систем частоты свободных колебаний колебательных систем с однородными элементами не зависят от параметров элементов систем и определяются исключительно начальными условиями, благодаря чему они могут совершать свободные гармонические колебания с любой изначально заданной частотой.

Вибросортировальные машины, маятник, привод, энергоэффективность, балансировка, мощность.

В существующих вибрационных сортировальных машинах часто используют два массивных рабочих органа, колебания которых вместе с сыпучим материалом осуществляются в противофазе, что приводит к развитию существенной непроизводительной реактивной механической мощности, которая трансформируется в реактивную электрическую мощность питающей сети, оказывая отрицательное влияние на энергоэффективность машин. Смещение фаз колебаний рабочих органов на девяносто градусов приводит к полной самонейтрализации этой мощности. По существу такая конструкция представляет собой биинертный осциллятор [1], который имеет два принципиальных отличия от традиционных колебательных систем, используемых в настоящее время в машиностроении, – пружинного маятника и электрического колебательного контура [2–7]. Первое заключается в том, что биинертный осциллятор состоит из однородных (инертных) элементов, поэтому качество энергии при энергообмене не меняется, а именно, кинетическая энергия одного элемента преобразуется в кинетическую же энергию другого. Второе – в том, что частоты свободных колебаний биинертного осциллятора не зависят от его параметров и определяются исключительно начальными условиями, благодаря чему он может совершать свободные гармонические колебания с любой изначально заданной частотой.

Представляет интерес возможность моделирования инертного триплетного маятника, во-первых, в связи с увеличением числа колеблющихся элементов (в настоящее время востребованы вибросортировальные машины с тремя массивными рабочими органами), а во-вторых, и главным образом, в связи с тем, что биинертный осциллятор не сбалансирован по силам инерции из-за своей асимметрии, что может быть легко реализовано для инертного триплетного маятника.

Синтез инертного триплетного маятника.

Пусть три координатные оси (Ox_1, Ox_2, Ox_3) лежат в одной плоскости Z , последовательно повернуты относительно друг друга на $\pi/3$ и пересекаются в одной точке. Точка пересечения O является началом произвольно направленного вектора \mathbf{R} , принадлежащего Z [8].

Теорема 1. Координаты x_1, x_2, x_3 проекций конца вектора \mathbf{R} на оси Ox_1, Ox_2, Ox_3 являются вершинами равностороннего треугольника, размер которого не зависит от направления \mathbf{R} .

Доказательство. Координаты проекций:

$$\begin{aligned} x_1 &= R \cos \varphi, \\ x_2 &= R \cos(\pi/3 - \varphi), \\ x_3 &= R \cos(2\pi/3 - \varphi). \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь φ – угол между \mathbf{R} и Ox_1 . В соответствии с теоремой косинусов

$$\begin{aligned} (x_1 x_2)^2 &= R^2 [\cos^2 \varphi + \cos^2(\pi/3 - \varphi) - \\ &\quad - 2 \cos \varphi \cos(\pi/3 - \varphi) \cos(\pi/3)] = \\ &= R^2 \left[\cos^2 \varphi + \left(\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi \right)^2 - \right. \\ &\quad \left. - 2 \cos \varphi \left(\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi \right) \frac{1}{2} \right] = \\ &= R^2 \left[\cos^2 \varphi + \frac{1}{4} \cos^2 \varphi + \frac{3}{4} \sin^2 \varphi + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi \sin \varphi - \frac{1}{2} \cos^2 \varphi - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi \sin \varphi \right] = \frac{3}{4} R^2. \\ (x_1 x_3)^2 &= R^2 [\cos^2 \varphi + \cos^2(2\pi/3 - \varphi) - \\ &\quad - 2 \cos \varphi \cos(2\pi/3 - \varphi) \cos(2\pi/3)] = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& R^2 \left[\cos^2 \varphi + \left(-\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi \right)^2 - \right. \\
& \left. - 2 \cos \varphi \left(-\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi \right) \left(-\frac{1}{2} \right) \right] = \\
& R^2 \left[\cos^2 \varphi + \frac{1}{4} \cos^2 \varphi + \frac{3}{4} \sin^2 \varphi - \right. \\
& \left. - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi \sin \varphi - \frac{1}{2} \cos^2 \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi \sin \varphi \right] = \frac{3}{4} R^2. \\
& (x_2 x_3)^2 = R^2 [\cos^2(\pi/3 - \varphi) + \cos^2(2\pi/3 - \varphi) - \\
& - 2 \cos(\pi/3 - \varphi) \cos(2\pi/3 - \varphi) \cos(\pi/3)] = \\
& R^2 \left[\left(\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi \right)^2 + \left(-\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi \right)^2 - \right. \\
& \left. - 2 \left(\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi \right) \left(-\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi \right) \frac{1}{2} \right] = \\
& R^2 \left[\frac{1}{4} \cos^2 \varphi + \frac{3}{4} \sin^2 \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi \sin \varphi + \frac{1}{4} \cos^2 \varphi + \right. \\
& \left. + \frac{3}{4} \sin^2 \varphi - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi \sin \varphi + \frac{1}{4} \cos^2 \varphi - \frac{3}{4} \sin^2 \varphi \right] = \frac{3}{4} R^2.
\end{aligned}$$

Таким образом, треугольник является равносторонним. Теорема доказана.

Теорема 2. Центр треугольника $x_1 x_2 x_3$ совпадает с серединой вектора \mathbf{R} .

Доказательство. Пусть r – середина вектора \mathbf{R} . В соответствии с теоремой косинусов

$$(x_1 r)^2 = R^2 [\cos^2 \varphi + 1/4 - 2 \cos \varphi (1/2) \cos \varphi] = R^2/4.$$

$$(x_2 r)^2 = R^2 [\cos^2(\pi/3 - \varphi) + 1/4 - 2 \cos(\pi/3 - \varphi) (1/2) \cos(\pi/3 - \varphi)] = R^2/4.$$

$$(x_3 r)^2 = R^2 [\cos^2(2\pi/3 - \varphi) + 1/4 - 2 \cos(2\pi/3 - \varphi) (1/2) \cos(2\pi/3 - \varphi)] = R^2/4.$$

Точка r равноотстоит от точек x_1 и x_2 , следовательно, она расположена на прямой, перпендикулярной отрезку $x_1 x_2$ и проходящей через его середину. Это же справедливо в отношении отрезка $x_1 x_3$. Таким образом, точка r принадлежит двум высотам треугольника $x_1 x_2 x_3$, следовательно, она лежит на их пересечении, которое для равностороннего треугольника является центром. Теорема доказана.

Теоремы 1 и 2 позволяют определить конфигурацию инертного триплетного маятника, упрощенная схема которого показана на рисунке.

Анализ инертного триплетного маятника. Внешние усилия к грузам не приложены. Массы связующих элементов и трение не учитываются. Скорости грузов с учетом (1) равны

$$dx_1/dt = -R \sin \varphi d\varphi/dt,$$

$$dx_2/dt = R \sin(\pi/3 - \varphi) d\varphi/dt,$$

$$dx_3/dt = R \sin(2\pi/3 - \varphi) d\varphi/dt.$$

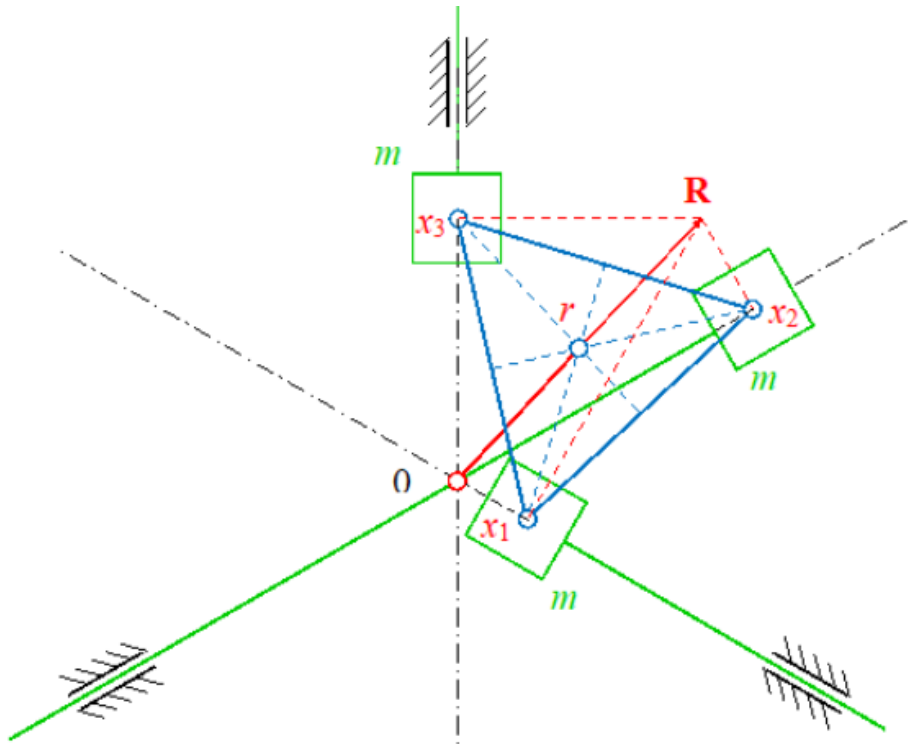


Рис. Инертный триплетный маятник

Условием возникновения свободных гармонических колебаний является неизменность полной, в рассматриваемом случае кинетической, энергии системы [9]

$$T = 0,5mR^2[\sin^2\varphi + \sin^2(\pi/3 - \varphi) + \sin^2(2\pi/3 - \varphi)](d\varphi/dt)^2 = \\ = 0,75mR^2(d\varphi/dt)^2 = \text{const.}$$

$$d\varphi/dt = C_1,$$

$$\varphi = C_1t + C_2.$$

Пусть начальные условия

$$\varphi(0) = \varphi_0, \quad \frac{d\varphi}{dt}(0) = \omega_0.$$

Тогда $C_2 = \varphi_0, C_1 = \omega_0.$

При этом (1) принимает вид:

$$x_1 = R\cos(\omega_0t + \varphi_0),$$

$$x_2 = R\cos(\pi/3 - \omega_0t - \varphi_0),$$

$$x_3 = R\cos(2\pi/3 - \omega_0t - \varphi_0). \quad (2)$$

Пусть $x_1(0) = x_{10}, (dx_1/dt)(0) = v_{10}.$ Тогда

$$\cos\varphi_0 = x_{10}/R,$$

$$\varphi_0 = \arccos \frac{x_{10}}{R} = \arcsin \sqrt{1 - \frac{x_{10}^2}{R^2}}$$

$$-R\omega_0\sin(\omega_0 \cdot 0 + \varphi_0) = v_{10},$$

$$\omega_0 = -\frac{v_{10}}{\sqrt{R^2 - x_{10}^2}}$$

Таким образом, все три груза совершают свободные гармонические колебания, обмениваясь между собою кинетической энергией.

Из уравнений (2) следует, что радиус-вектор \mathbf{R} равномерно вращается с угловой циклической скоростью $\omega.$

Треугольник, образованный шатунами, вращается вокруг точки r и одновременно с радиус-вектором \mathbf{R} – вокруг точки $0.$

При свободных гармонических колебаниях грузов, условием которых является отсутствие трения, необходимости в кривошипе $0r$ не возникает.

При наличии трения кривошип $0r$ необходим для подвода энергии от внешнего привода с целью компенсации ее диссипации [10]. При этом привод не

совершает работу, направленную на сообщение грузам гармонических ускорений.

Указанные особенности инертного триплетного маятника позволяют использовать его схему при разработке вибросортировальных машин с тремя массивными рабочими органами, что позволит исключить развитие непроизводительной реактивной механической и электрической мощностей для повышения энергоэффективности машин, а также обеспечит их балансировку.

Литература

1. Попов И. П. Самобалансировка вибрационных механизмов / И. П. Попов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2018. – № 2 (2). – С. 16–19.
2. Tongue, Benson Principles of Vibration. – Oxford University Press, 2001. – 367 p.
3. Thompson, W. T. Theory of Vibrations / Thompson, W. T. – Nelson Thornes Ltd., 1996. – 295 p.
4. Inman, Daniel J. Engineering Vibration / Inman, Daniel J. – Prentice Hall, 2001. – 418 p.
5. Попов, И. П. Исследование резонансов в технических системах / И. П. Попов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2019. – № 2 (4). – С. 15–18.
6. Попов, И. П. Исследование вынужденных колебаний механических систем / И. П. Попов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2019. – № 4 (6). – Ч. 1. – С. 21–25.
7. Попов, И. П. Исследование вынужденных колебаний механических систем / И. П. Попов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2020. – № 1 (7). – Ч. 2. – С. 27–32.
8. Попов, И. П. Выбор систем отсчета в задачах управления движущимися инертными объектами / И. П. Попов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2019. – № 1 (3). – С. 20–22.
9. Попов, И. П. Диссипативная, реактивная и полная мощности виброприводов машин / И. П. Попов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2019. – № 3 (5). – С. 72–74.

I.P. Popov

Kurgan State University

USE OF INERT TRIPLET PENDULUM IN VIBRATION SORTING MACHINES

The article presents the calculation method of an inert triplet pendulum. The technique can be used to develop vibration sorting machines with three massive working bodies which are widely in demand today. The construction of their drive according to the inert triplet pendulum scheme will eliminate the development of unproductive reactive mechanical and electrical capacities to increase the energy efficiency of machines, as well as ensure their balance. In an inert triplet pendulum, the oscillations are due to the mutual conversion of the kinetic energies of the weights. Unlike traditional oscillatory systems, the frequencies of free oscillations of oscillatory systems with homogeneous elements do not depend on the parameters of the systems elements and are determined exclusively by the initial conditions, and as a result they can make free harmonic oscillations with any initially given frequency.

Vibration sorting machines, pendulum, drive, energy efficiency, balancing, power.



ПОСТРОЕНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ СОРТИРОВАЛЬНЫХ МАШИН ПО СХЕМЕ МУЛЬТИИНЕРТНОГО ОСЦИЛЛЯТОРА

В статье представлена методика расчета мультиинертного осциллятора. Методика может применяться для разработки вибросортировальных машин с неограниченным числом массивных рабочих органов, которые широко востребованы в настоящее время. Построение их привода по схеме мультиинертного осциллятора позволит исключить развитие непроизводительной реактивной механической и электрической мощностей для повышения энергоэффективности машин, а также обеспечит их балансировку. В мультиинертном осцилляторе колебания обусловлены взаимным преобразованием кинетических энергий грузов без использования пружин.

Осциллятор, инертный, гармонический, реактивность, пространственный сдвиг, фазовый сдвиг, кинетическая энергия.

Для разгрузки приводов механизмов от реактивной нагрузки при возвратно-поступательных движениях массивных рабочих органов используют схему маятника, при которой колебания обуславливаются взаимным преобразованием кинетической энергии груза в потенциальную энергию пружины [1–7].

Существуют системы, в которых кинетическая энергия груза преобразуется в другие виды энергии [8].

В связи с тем, что кинетическая энергия может трансформироваться в самые разнообразные виды энергии, возникает задача создания осциллятора, в котором кинетическая энергия одного груза может преобразовываться в кинетическую же энергию других грузов. Решение этой задачи составляет предмет настоящей работы.

Синтез колебательной системы. Пусть в плоскости Z имеются не две, а n координатных осей Ox_1, Ox_2, \dots, Ox_n , образующих центрально симметричную звезду с центром в точке O . Угол между осями составляет $2\pi/n$. Из начала координат O отложен вектор \mathbf{R} . Направление вектора произвольное. $\mathbf{R} \subset Z$. Для этих условий имеют место следующие обстоятельства.

1. Отрезки, соединяющие координаты x_1, x_2, \dots, x_n вектора \mathbf{R} в системе координат Ox_1, Ox_2, \dots, Ox_n образуют правильный n -угольник.

2. Размер n -угольника не зависит от ориентации вектора \mathbf{R} .

3. Середина вектора \mathbf{R} совмещена с центром n -угольника.

В этом нетрудно убедиться. Вектор \mathbf{R} имеет координаты:

$$\begin{aligned} x_1 &= R \cos \varphi, \quad x_2 = R \cos \left(\frac{\pi}{n} - \varphi \right), \\ x_3 &= R \cos \left(\frac{2\pi}{n} - \varphi \right), \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} x_i &= R \cos \left[\frac{(i-1)\pi}{n} - \varphi \right], \\ x_n &= R \cos \left[\frac{(n-1)\pi}{n} - \varphi \right]. \end{aligned} \quad (2)$$

В соответствии с теоремой косинусов

$$\begin{aligned} (x_i x_{i+1}) &= R^2 \left\{ \cos^2 \left[\frac{(i-1)\pi}{n} - \varphi \right] + \cos^2 \left(\frac{i\pi}{n} - \varphi \right) - \right. \\ &\quad \left. - 2 \cos \left[\frac{(i-1)\pi}{n} - \varphi \right] \cos \left(\frac{i\pi}{n} - \varphi \right) \cos \frac{\pi}{n} \right\} = \\ &= R^2 \left\{ \cos^2 \left(\frac{i\pi}{n} - \varphi - \frac{\pi}{n} \right) + \left(\cos \frac{i\pi}{n} \cos \varphi + \sin \frac{i\pi}{n} \sin \varphi \right)^2 - \right. \\ &\quad \left. - 2 \left[\cos \frac{\pi}{n} \left(\cos \frac{i\pi}{n} \cos \varphi + \sin \frac{i\pi}{n} \sin \varphi \right) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \sin \frac{\pi}{n} \left(\sin \frac{i\pi}{n} \cos \varphi - \cos \frac{i\pi}{n} \sin \varphi \right) \right] \times \right. \\ &\quad \left. \times \left(\cos \frac{i\pi}{n} \cos \varphi + \sin \frac{i\pi}{n} \sin \varphi \right) \cos \frac{\pi}{n} \right\} = \\ &= R^2 \left(\cos^2 \frac{\pi}{n} \cos^2 \frac{i\pi}{n} \cos^2 \varphi + \right. \\ &\quad \left. + \cos^2 \frac{\pi}{n} \sin^2 \frac{i\pi}{n} \sin^2 \varphi + \sin^2 \frac{\pi}{n} \sin^2 \frac{i\pi}{n} \cos^2 \varphi + \right. \\ &\quad \left. + \sin^2 \frac{\pi}{n} \cos^2 \frac{i\pi}{n} \sin^2 \varphi + 2 \cos^2 \frac{\pi}{n} \cos \frac{i\pi}{n} \cos \varphi \sin \frac{i\pi}{n} \sin \varphi + \right. \\ &\quad \left. + 2 \cos \frac{\pi}{n} \cos \frac{i\pi}{n} \cos^2 \varphi \sin \frac{\pi}{n} \sin \frac{i\pi}{n} - \right. \\ &\quad \left. - 2 \cos \frac{\pi}{n} \cos^2 \frac{i\pi}{n} \cos \varphi \sin \frac{\pi}{n} \sin \varphi + \right. \\ &\quad \left. + 2 \cos \frac{\pi}{n} \sin^2 \frac{i\pi}{n} \sin \varphi \sin \frac{\pi}{n} \cos \varphi - \right. \\ &\quad \left. - 2 \cos \frac{\pi}{n} \sin \frac{i\pi}{n} \sin^2 \varphi \sin \frac{\pi}{n} \cos \frac{i\pi}{n} - \right. \\ &\quad \left. - 2 \sin^2 \frac{\pi}{n} \sin \frac{i\pi}{n} \cos \varphi \cos \frac{i\pi}{n} \sin \varphi + \cos^2 \frac{i\pi}{n} \cos^2 \varphi + \sin^2 \frac{i\pi}{n} \sin^2 \varphi + \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& +2\cos\frac{i\pi}{n}\cos\varphi\sin\frac{i\pi}{n}\sin\varphi - 2\cos^2\frac{\pi}{n}\cos^2\frac{i\pi}{n}\cos^2\varphi - \\
& -2\cos^2\frac{\pi}{n}\sin\frac{i\pi}{n}\sin\varphi\cos\frac{i\pi}{n}\cos\varphi - \\
& -2\sin\frac{\pi}{n}\sin\frac{i\pi}{n}\cos^2\varphi\cos\frac{i\pi}{n}\cos\frac{\pi}{n} + \\
& +2\sin\frac{\pi}{n}\cos^2\frac{i\pi}{n}\sin\varphi\cos\varphi\cos\frac{\pi}{n} - \\
& -2\cos^2\frac{\pi}{n}\cos\frac{i\pi}{n}\cos\varphi\sin\frac{i\pi}{n}\sin\varphi - \\
& -2\cos^2\frac{\pi}{n}\sin^2\frac{i\pi}{n}\sin^2\varphi - 2\sin\frac{\pi}{n}\sin^2\frac{i\pi}{n}\cos\varphi\sin\varphi\cos\frac{\pi}{n} + \\
& +2\sin\frac{\pi}{n}\cos\frac{i\pi}{n}\sin^2\varphi\sin\frac{i\pi}{n}\cos\frac{\pi}{n} = \\
& = R^2\left[\cos^2\varphi\left(\sin^2\frac{\pi}{n}\sin^2\frac{i\pi}{n} - \cos^2\frac{\pi}{n}\cos^2\frac{i\pi}{n} + \cos^2\frac{i\pi}{n}\right) + \right. \\
& \left. + \sin^2\varphi\left(\sin^2\frac{\pi}{n}\cos^2\frac{i\pi}{n} - \cos^2\frac{\pi}{n}\sin^2\frac{i\pi}{n} + \sin^2\frac{i\pi}{n}\right)\right] = \\
& = R^2\left[\cos^2\varphi\left(\sin^2\frac{\pi}{n}\sin^2\frac{i\pi}{n} + \sin^2\frac{\pi}{n}\cos^2\frac{i\pi}{n}\right) + \right. \\
& \left. + \sin^2\varphi\left(\sin^2\frac{\pi}{n}\cos^2\frac{i\pi}{n} + \sin^2\frac{\pi}{n}\sin^2\frac{i\pi}{n}\right)\right] = \\
& = R^2\left[\cos^2\varphi\sin^2\frac{\pi}{n}\left(\sin^2\frac{i\pi}{n} + \cos^2\frac{i\pi}{n}\right) + \right.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left. + \sin^2\varphi\sin^2\frac{\pi}{n}\left(\cos^2\frac{i\pi}{n} + \sin^2\frac{i\pi}{n}\right)\right] = \\
& = R^2\left(\cos^2\varphi\sin^2\frac{\pi}{n} + \sin^2\varphi\sin^2\frac{\pi}{n}\right) = \\
& = R^2\sin^2\frac{\pi}{n}\left(\cos^2\varphi + \sin^2\varphi\right) = R^2\sin^2\frac{\pi}{n}.
\end{aligned}$$

Из этого следует, что все стороны n -угольника одинаковы по длине. При этом их длина не является функцией φ , т.е. не зависит от ориентации вектора \mathbf{R} .

Далее середина вектора \mathbf{R} обозначается r . В соответствии с теоремой косинусов

$$\begin{aligned}
(x,r)^2 &= R^2\left\{\cos^2\left[\frac{(i-1)\pi}{n} - \varphi\right] + \frac{1}{4} - \right. \\
& \left. - 2\cos\left[\frac{(i-1)\pi}{n} - \varphi\right]\frac{1}{2}\cos\left[\frac{(i-1)\pi}{n} - \varphi\right]\right\} = \frac{R^2}{4}.
\end{aligned}$$

Из этого следует, что все отрезки, связывающие точку r с вершинами n -угольника, имеют одинаковую длину. Это означает, что n -угольник является правильным и точка r совпадает с его центром.

Таким образом, указанные выше три обстоятельства имеют место, что позволяет определить конфигурацию мультиинертного осциллятора, упрощенная схема которого показана на рисунке.

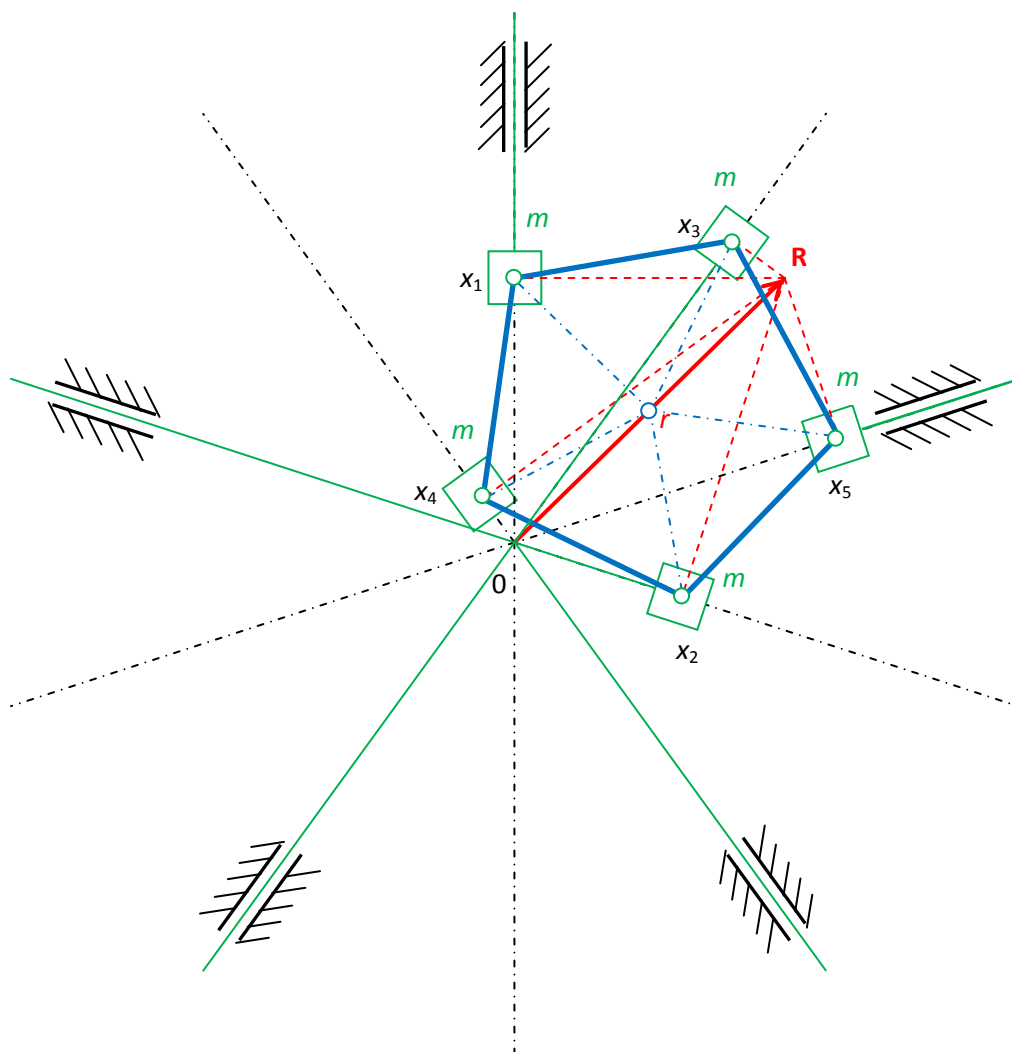


Рис. Мультиинертный осциллятор

Для целей аналитического описания вершины правильного многоугольника рассматривались в одной плоскости Z . Для инженерных целей траектории грузов (решетных станов) не должны пересекаться, поэтому грузы и их направляющие расположены в параллельных плоскостях подобно цилиндрам, шатунам и кривошипам в кривошипно-шатунном механизме. Для обеспечения этого, например, стержень x_1, x_3 закреплен «сверху» (ближе) груза, находящегося в координате x_1 , а стержень x_1, x_4 – «снизу» (далее, на рисунке не показано).

Анализ колебательной системы. Внешние силы к системе не приложены. Скорости инертных тел массой m каждое определяются как производные их координат. В соответствии с (1)–(2)

$$\frac{dx_1}{dt} = -R \sin \varphi \frac{d\varphi}{dt}, \quad \frac{dx_2}{dt} = R \sin \left(\frac{\pi}{n} - \varphi \right) \frac{d\varphi}{dt},$$

$$\frac{dx_3}{dt} = R \sin \left(\frac{2\pi}{n} - \varphi \right) \frac{d\varphi}{dt},$$

$$\frac{dx_i}{dt} = R \sin \left[\frac{(i-1)\pi}{n} - \varphi \right] \frac{d\varphi}{dt},$$

$$\frac{dx_n}{dt} = R \sin \left[\frac{(n-1)\pi}{n} - \varphi \right] \frac{d\varphi}{dt}.$$

Для того чтобы в системе происходили свободные гармонические колебания, необходимо чтобы ее полная энергия оставалась постоянной. В данном случае полная энергия системы имеет вид:

$$T = \frac{1}{2} m R^2 \left\{ \sin^2 \varphi + \sin^2 \left(\frac{\pi}{n} - \varphi \right) + \dots + \sin^2 \left[\frac{(i-1)\pi}{n} - \varphi \right] + \dots + \sin^2 \left[\frac{(n-1)\pi}{n} - \varphi \right] \right\} \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2. \quad (3)$$

При $n \geq 2$ имеет место выражение:

$$\sum_{i=1}^n \sin^2 \left[\frac{(i-1)\pi}{n} \pm \varphi \right] = \frac{n}{2}. \quad (4)$$

Действительно,

$$\sum_{i=1}^n \sin^2 \left[\frac{(i-1)\pi}{n} \pm \varphi \right] = \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos \left[\frac{(i-1)2\pi}{n} \pm 2\varphi \right] \right\} =$$

$$= \frac{n}{2} - \frac{1}{2} \cos 2\varphi \sum_{i=1}^n \cos \frac{(i-1)2\pi}{n} \mp \frac{1}{2} \sin 2\varphi \sum_{i=1}^n \sin \frac{(i-1)2\pi}{n}.$$

Если вдоль координатных осей $0x_1, 0x_2, \dots, 0x_n$ отложить единичные векторы, то их сумма вследствие центральной симметрии будет равна нулю. Следовательно, сумма проекций этих единичных векторов на любую из осей $0x_1, 0x_2, \dots, 0x_n$ также будет нулевой. По этой причине последние две суммы тождественно равны нулю.

Таким образом, выражение (4) справедливо.

Замечание. При $n=2$ выражение (4) приобретает известный вид:

$$\sin^2 \varphi + \sin^2 \left(\frac{\pi}{2} + \varphi \right) = \sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi = \frac{2}{2} = 1.$$

Аналогичным образом при $n \geq 2$ имеет место выражение:

$$\sum_{i=1}^n \cos^2 \left[\frac{(i-1)\pi}{n} \pm \varphi \right] = \frac{n}{2}$$

С учетом выражения (4) полная (она же кинетическая) энергия (3) равна

$$T = \frac{1}{4} n m R^2 \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 = \text{const}.$$

Из последнего выражения следует

$$\frac{d\varphi}{dt} = \text{const}, \quad \varphi = C_1 t + C_2.$$

Начальные условия для фазы и угловой скорости:

$$\varphi(0) = \varphi_0, \quad \frac{d\varphi}{dt}(0) = \omega_0.$$

Отсюда $C_2 = \varphi_0$, $C_1 = \omega_0$.

Формулы для координат грузов (1)–(2) принимают вид:

$$x_1 = R \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad x_2 = R \cos \left(\frac{\pi}{n} - \omega_0 t - \varphi_0 \right),$$

$$x_3 = R \cos \left(\frac{2\pi}{n} - \omega_0 t - \varphi_0 \right),$$

$$x_i = R \cos \left[\frac{(i-1)\pi}{n} - \omega_0 t - \varphi_0 \right],$$

$$x_n = R \cos \left[\frac{(n-1)\pi}{n} - \omega_0 t - \varphi_0 \right].$$

Начальные условия для перемещения и линейной скорости:

$$x_1(0) = x_{10}, \quad \frac{dx_1}{dt}(0) = v_{10}.$$

Отсюда

$$\cos \varphi_0 = \frac{x_{10}}{R}, \quad \varphi_0 = \arccos \frac{x_{10}}{R} = \arcsin \sqrt{1 - \frac{x_{10}^2}{R^2}},$$

$$-R \omega_0 \sin(\omega_0 \cdot 0 + \varphi_0) = v_{10},$$

$$\omega_0 = -\frac{v_{10}}{\sqrt{R^2 - x_{10}^2}}. \quad (5)$$

Инертные тела (решетные станы) массой m каждое осуществляют гармонические колебания, обусловленные взаимным обменом кинетической энергией. Потенциальная энергия пружин для этого не требуется. При этом мультиинертный осциллятор является сбалансированным механизмом [9].

Колебания тел (решетных станов) являются свободными.

Особенностью мультиинертного осциллятора является то, что частота его свободных колебаний (5) не фиксирована и определяется преимущественно начальными условиями. Эта особенность может оказаться весьма полезной для технических приложений, например для самонейтрализации механической реактивной (инерционной) мощности.

n -угольник x_1, x_2, \dots, x_n осуществляет сложное движение – орбитальное вращение вокруг центра ко-

ординат O и спиновое вращение вокруг своей оси, проходящей через центр I .

При этом каждый груз совершает *линейные гармонические колебания* вдоль своей направляющей. Его координата изменяется от $+R$ до $-R$.

При расположении направляющих грузов (решетчатых станков) не в виде звезды, а параллельно друг другу, углы между соответствующими кривошипами необходимо составят $360/n$ градусов.

Указанные особенности мультиинертного осциллятора позволяют использовать его схему при разработке вибросортировальных машин с неограниченным числом массивных рабочих органов. Некоторые вибрационные сортировальные машины имеют более трех решетчатых станков. Построение их по схеме мультиинертного осциллятора позволит существенно сократить потребление энергии, которая в этом случае *не будет* расходоваться на сообщение массивным решетчатым станкам колебательных движений (около 90 % полной мощности [10]), а будет направлена только на компенсацию трения и на совершение полезной работы.

Литература

1. Попов, И. П. Диссипативная, реактивная и полная мощности виброприводов машин / И. П. Попов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2019. – № 3 (5). – С. 72–74.
2. Thompson, W. T. Theory of Vibrations / Thompson, W. T. – Nelson Thornes Ltd. – 1996. – 295 p.
3. Inman, Daniel J. Engineering Vibration / Inman, Daniel J. – Prentice Hall, – 2001. – 418 p.
4. Tongue, Benson Principles of Vibration. – Oxford University Press, – 2001. – 367 p.
5. Попов, И. П. Исследование резонансов в технических системах / И. П. Попов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2019. – № 2 (4). – С. 15–18.
6. Попов, И. П. Исследование вынужденных колебаний механических систем / И. П. Попов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2019. – № 4 (6). – Ч. 1. – С. 21–25.
7. Попов, И. П. Исследование вынужденных колебаний механических систем / И. П. Попов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2020. – № 1 (7). – Ч. 2. – С. 27–32.
8. Попов, И. П. Инертно-индуктивный осциллятор / Попов И. П., Сарапулов Ф. Н., Сарапулов С. Ф. // Вестник Курганского государственного университета. Технические науки. – Вып. 8. – 2013. – № 2 (29). – С. 80–81.
9. Попов, И. П. Самобалансировка вибрационных механизмов / Попов, И. П. // Вестник Вологодского государственного университета. – 2018. – № 2 (2). – С. 16–19.
10. Попов, И. П. Производительная мощность при сортировке сыпучих материалов / И. П. Попов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2020. – № 1 (7). – С. 70–72.

I.P. Popov
Kurgan State University

CONSTRUCTION OF VIBRATING SORTING MACHINES ON THE SCHEME OF A MULTI-INERT OSCILLATOR

The article presents a method for calculating a multi-inert oscillator. The technique can be used to develop vibrating sorting machines with an unlimited number of massive working bodies which are in wide demand nowadays. The construction of their drive according to the scheme of a multi-inert oscillator will eliminate the development of unproductive reactive mechanical and electrical power to increase the energy efficiency of machines, and will also ensure their balancing. In a multi-inert oscillator, oscillations are caused by the mutual transformation of the kinetic energies of the weights without the use of springs.

Oscillator, inert, harmonic, reactivity, spatial shift, phase shift, kinetic energy.



РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕМНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ МАШИН

В статье представлены результаты систематизации свойств и обобщения классификационных признаков объемных гидравлических приводов, применяемых в технологических и транспортных механизмах и машинах. Расширенная классификация гидроприводов используется в учебном процессе подготовки бакалавров и магистров по техническим направлениям.

Гидравлические приводы, свойства, классификация, объемные приводы, машины.

Важную роль в развитии современной техники играют гидравлические и пневматические приводы, использующие для переноса энергии жидкость или газ, находящиеся под давлением. Эти приводы являются широко используемым средством механизации и автоматизации разнообразных машин, технологических процессов и процессов управления различными техническими объектами. Применение элементов гидропривода, например насосов, гидравлических двигателей, трубопроводов, известно с древних времен. Однако применение в технике гидроприводов в современном его понимании как совокупности устройств, предназначенных для передачи движения машинам посредством жидкости, началось сравнительно недавно – во второй половине XIX века, а интенсивное использование гидроприводов в машинах и механизмах произошло еще позднее – с 20-х годов XX века. Современное машиностроение очень широко использует гидравлические и пневматические приводы для рабочих органов и прочих исполнительных устройств машин различного назначения. Причем для многих механизмов и машин гидравлическое или пневматическое оборудование стали неотъемлемой частью их конструкции. Применение гидроприводов в технике позволяет упростить кинематические связи, снизить металлоемкость механизмов и машин, повысить их производительность, уровень автоматизации и надежность.

В ходе изучения гидравлических приводов, проведения проектно-конструкторских работ и научных исследований в области прикладной гидромеханики важная роль отводится систематизации и классификации гидравлических процессов и объектов. Классификация является одним из наиболее древних и широко используемых научных методов изучения природы каких-либо исследуемых процессов и объектов путем их упорядочения и систематизации [1].

Многообразие принципиальных схем, конструктивных исполнений, компоновочных решений и областей применения объемных гидроприводов обусловили их классификацию по широкому набору характерных признаков. В соответствующих учебных, научных и справочных изданиях приводятся системы классификации объемных гидроприводов, однако зачастую количество классификационных признаков и

глубина классификации оказываются недостаточными для полноты представления предметной области. На практике необходимы более широкие системы, поэтому в настоящей статье рассматриваются классификационные признаки, характерные для объемных гидроприводов, систематизированные автором на основе анализа широкого спектра учебных, научных и справочных изданий, список которых представлен в учебном пособии [2]. Рассматриваемые классификационные признаки во-многом характерны и для пневматических приводов, поскольку пневматические приводы являются частным случаем гидравлических приводов, но со своими специфическими особенностями, обусловленными свойствами используемой газообразной рабочей среды.

Все рассматриваемые далее классификационные признаки объемных гидроприводов во-многом определяют свойства проектируемого гидропривода, технологию его изготовления и эксплуатации. На рис. 1 представлена схема классификации объемных гидроприводов.

Во-первых, в зависимости от *способа использования энергии* рабочей жидкости гидроприводы разделяют на *объемные* и *динамические*. *Объемные* гидравлические и пневматические приводы используют потенциальную энергию давления. Принцип работы объемных гидравлических и пневматических устройств основан на объемном вытеснении рабочей среды (рабочей жидкости или сжатого газа), на высоком модуле упругости жидких рабочих сред и законах гидростатики. *Динамические* гидроприводы используют в основном кинетическую энергию движущейся жидкости. Для динамических гидроприводов характерны большие скорости движения жидкой среды, поэтому динамические гидроприводы ассоциируются с различного рода гидротурбинами. В то же время в объемных гидроприводах большие скорости жидкой среды не обязательны, так как главную роль в их рабочем процессе играет давление рабочей жидкости, то есть ее потенциальная энергия. Поэтому объемные гидроприводы также называются *гидростатическими*.

Объемные гидроприводы могут использовать различные виды *рабочих жидкостей*, в качестве которых выступают вода, нефтяные, синтетические, эмульсионные, водополимерные жидкости, а также их смеси.



Рис. 1. Схема классификации объемных гидроприводов (начало)



Рис. 1. Схема классификации объемных гидроприводов (окончание)

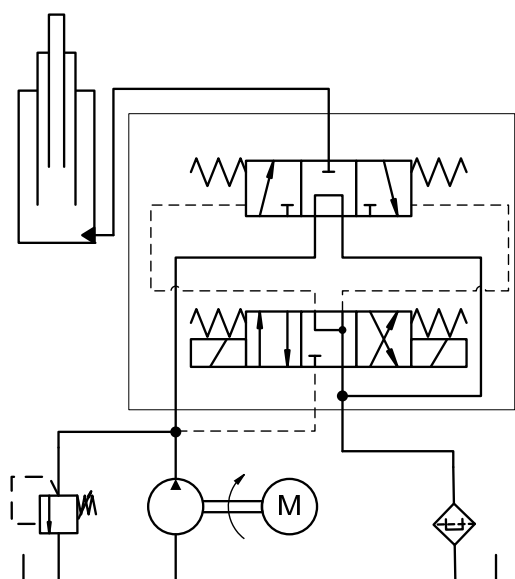


Рис. 2. Пример принципиальной схемы гидропривода поступательного движения

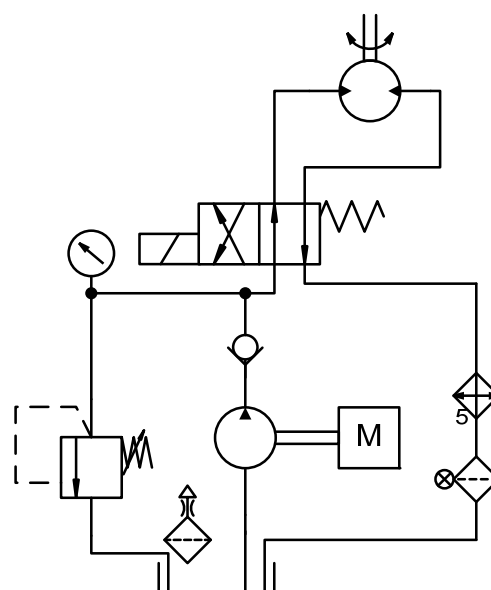


Рис. 3. Пример принципиальной схемы гидропривода вращательного движения

Изложенная система классификации объемных гидроприводов используется при изучении студентами специальных учебных дисциплин «Гидро- и пневмоприводы», «Гидравлические и пневматические средства автоматизации» и других аналогичных. Студентам предлагаются индивидуальные задания, содержащие принципиальные схемы гидропривода, на основании изучения и анализа которых студенты составляют как можно более полное техническое описание привода в целом и отдельных его элементов. Для составления учебных схем используется графический редактор Microsoft Visio, содержащий библиотеку условных обозначений элементов гидро- и пневмосхем, соответствующих стандартам ISO и ЕСКД. Объекты Visio легко внедряются в документы Microsoft Office и редактируются в их составе. Примеры таких схем приведены на рис 2 и 3.

В процессе изучения и анализа принципиальной схемы гидропривода с использованием учебных пособий студентами составляется перечень составляющих схему гидроустройств, на схему наносятся недостающие условные обозначения, выявляются режимы работы гидродвигателей и гидропривода в целом. Кроме этого, для заданного гидропривода могут составляться уравнения гидротоков, методика описания которых изложена в [3]. В последнем случае для составления уравнений гидротоков необходимо правильно пронумеровать гидролинии в соответствии с рекомендациями методики. Оценивание выполненной студентом работы производится по объему, глубине и качеству описания предложенного студенту гидропривода.

Индивидуальные задания на основе анализа принципиальных гидравлических схем используются автором в течении ряда лет в самостоятельной аудиторной и внеаудиторной работе студентов, а также при сдаче зачетов и экзаменов. Результаты систематизации и классификации свойств объемных гидропри-

водов используются также в научных исследованиях по проблематикам проектирования и эксплуатации гидроприводов машин [4–7].

Литература

1. Ханенко, В. Н. Информационные системы / В. Н. Ханенко. – Ленинград : Машиностроение, 1988. – 127 с.
2. Трушин, Н. Н. Гидравлика. Основы проектирования и расчета объемного гидравлического привода: учебное пособие / Н. Н. Трушин. – Тула : ТулГУ, 2009. – 252 с.
3. Лобанов, А. В. Методика описания гидротоков при схемотехническом проектировании гидравлических и пневматических систем / А. В. Лобанов, Н. Н. Трушин // Проблемы инженерного и социально-экономического образования в техническом вузе в условиях модернизации высшего образования : материалы IX Международной научно-методической конференции. – Тюмень : ТИУ, 2018. – С. 122–127.
4. Трушин, Н. Н. Квалиметрическая оценка схемотехнической сложности объемного гидравлического привода / Н. Н. Трушин // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства : материалы международной научно-технической конференции – Тюмень : ТИУ, 2018. – С. 301–305.
5. Трушин, Н. Н. Проектирование системы диагностики гидравлического привода на основе квалиметрического критерия / Н. Н. Трушин // Транспортные и транспортно-технологические системы : материалы международной научно-технической конференции – Тюмень : ТИУ, 2018. – С. 303–309.
6. Алухов, А. А. Интеллектуальная система управления многопоточным насосным агрегатом / А. А. Алтухов, Н. Н. Трушин // Проблемы и перспективы развития машиностроения : сборник научных трудов международной научно-технической конференции. – Липецк : ЛГТУ, 2016. – Ч. 1. – С. 18–23.

7. Чиликин, А. А. Автоматизированная система проектирования схем размещения гидравлического оборудования на металлорежущих станках / А. А. Чили-

кин, Н. Н. Трушин // Известия ТулГУ. Технические науки. – Тула : ТулГУ, 2013. – Вып. 12, Ч. 1. – С. 114–122.

N.N. Trushin
Tula State University

**DEVELOPMENT OF CLASSIFICATION SYSTEM OF
MACHINES VOLUME HYDRAULIC DRIVES**

The study presents the results of systematization and generalization of the properties of hydraulic drives used in technological and transport mechanisms and machines. The extended classification of hydraulic drives is included into academic program of undergraduate and graduate engineering students.

Hydraulic drives, properties, classification, volumetric drives, machines.



А.М. Водовозов, В.И. Громов, С.А. Плеханов
 Вологодский государственный университет

СИСТЕМА УДАЛЕННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ AVR-МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

В работе решается вопрос удаленного редактирования программ микроконтроллера с AVR-архитектурой. Предложено оригинальное решение в виде программно-аппаратного комплекса, состоящего из микроконтроллера семейства AVR и беспроводного GSM-модуля связи. Описаны алгоритмы работы программ, позволяющие гибко создавать и редактировать программы для микроконтроллера, передавая сравнительно небольшой объем информации посредством беспроводного канала связи.

Микроконтроллер, самопрограммирование, флеш-память, удаленный доступ.

Семейство 8-битных микроконтроллеров AVR производства компании Atmel благодаря своей доступности и низкой стоимости широко применяется в настоящее время при решении самых различных задач управления в технических системах [1]. Наличие большого количества свободно распространяемых программных сред разработки и отладки программ для рассматриваемых микроконтроллеров обеспечивает разработчикам эффективное решение задач проектирования современных высокотехнологичных изделий. Однако производитель микроконтроллеров этого семейства не предлагает пользователям своих технологий удаленного программирования, редактирования и отладки программ микроконтроллеров, что зачастую вызывает определенные трудности при внедрении и эксплуатации спроектированных систем.

Программирование микроконтроллеров включает в себя несколько этапов, одним из которых является запись управляющего кода в память микросхемы. Большинство используемых на практике способов программирования требует подключения к микроконтроллеру программатора – специального устройства для записи данных в EEPROM и Флеш-память микроконтроллера [2]. Если физический доступ к микроконтроллеру затруднен конструктивными особенностями устройства, то замена управляющего кода в такой микросхеме является большой проблемой.

Особенностью микроконтроллеров семейства AVR является поддержка режима самопрограммирования (self-programming) [3], который позволяет изменять прошивку микросхемы под управлением пользовательской программы в секции памяти boot. Использование этого режима открывает возможность реализации удаленного программирования микроконтроллера. В секции памяти boot микроконтроллера предлагается разместить программу (рис. 1), которая будет менять прошивку микросхемы на основе данных, прочитанных из внешней флеш-памяти.

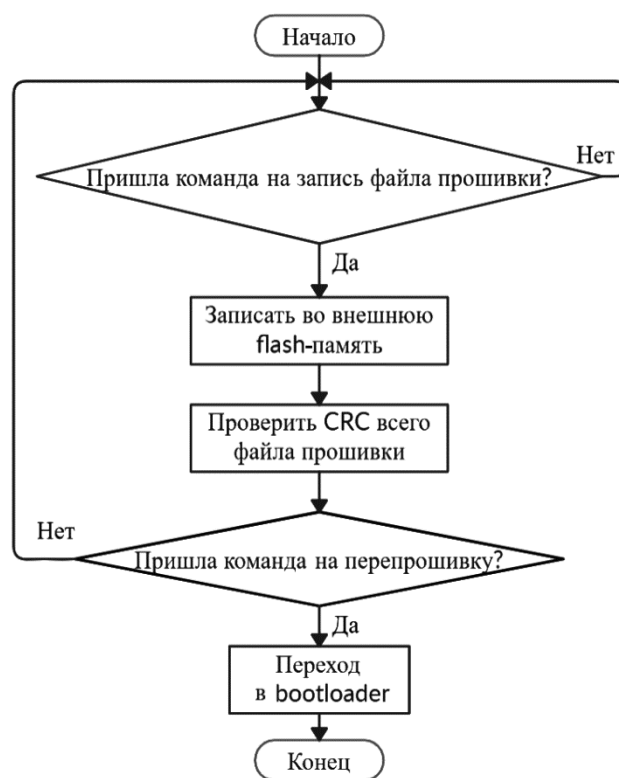


Рис. 1. Алгоритм работы программы в секции памяти application

В свою очередь, во внешнюю флеш-память предварительно с помощью программы, размещенной в секции памяти application, можно загрузить по беспроводной связи информацию с новой прошивкой. После загрузки информации с новой прошивкой во внешнюю флеш-память, возможна запись в энергонезависимую память EEPROM информации о необходимости замены прошивки микроконтроллера при получении соответствующей команды по каналу беспроводной связи. В результате происходит переход в секцию памяти boot, проверяется EEPROM память и,

при необходимости замены прошивки, эта замена производится (рис. 2).

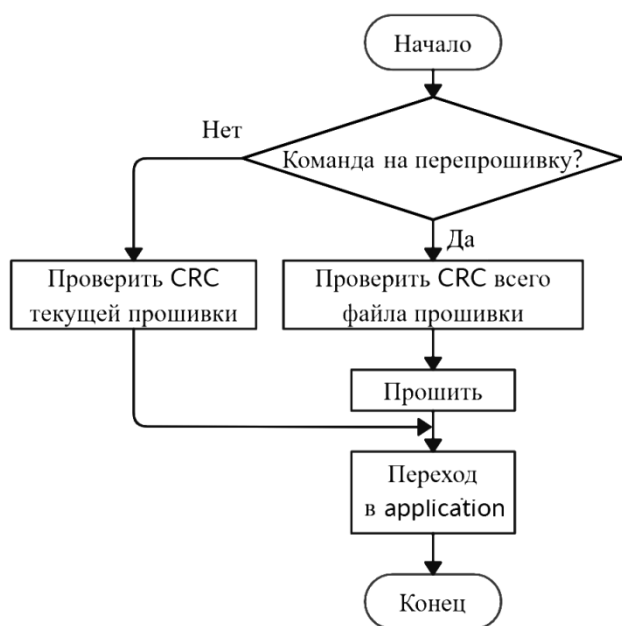


Рис. 2. Алгоритм работы программы в секции памяти boot

В качестве технологии беспроводной связи создаваемой системы выбрана технология GSM/GPRS, обеспечивающая:

- беспроводную связь в пределах зон действия вышек сотовой связи [4];
- достаточно быструю передачу информации со скоростью 57600 бит/с;
- проверку контрольной суммы CRC-16 CCITT-FALSE, обеспечивающую целостность передачи информации [5];

Для проверки функционирования разработанной системы выбраны:

- микроконтроллер AVR ATxmega128A4U;
- модем беспроводной связи GSM/GPRSSIM800L;
- микросхема внешней памяти EEPROMM24M01.

Функциональная схема системы представлена на рис. 3.

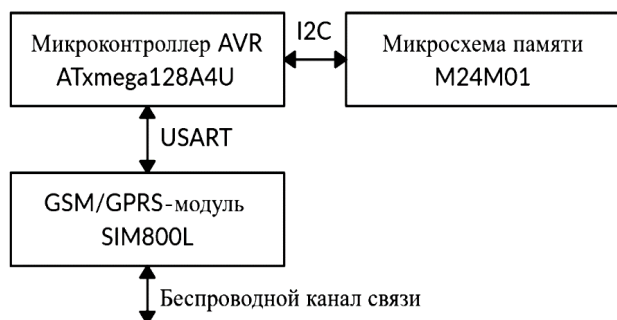


Рис. 3. Функциональная схема прототипа системы

Беспроводная связь между микроконтроллером и ЭВМ может быть обеспечена с помощью использования любой технологии беспроводной связи в зависи-

мости от условий эксплуатации, так как для микроконтроллера прием и передача данных по беспроводной связи сводится к чтению и записи данных через интерфейс USART.

Микроконтроллер AVR ATxmega128A4U и микросхема памяти M24M01 [6] соединены посредством интерфейса I2C.

Алгоритм работы управляющего кода микроконтроллера состоит из 3 этапов:

- 1) обработка команд, поступающих через последовательный порт;
- 2) инициализация массивов данных на основе переданной информации;
- 3) цикл обработки инициализированных массивов.

Программа представляет собой бесконечный цикл, в начале каждой итерации которого происходит проверка буфера последовательного порта. Если в буфер поступила новая информация, вызывается функция обработки его содержимого.

Если содержимое буфера представляет собой команду, например, 1|bin|000080|10|619F|123456789 ABCDEF, то вызывается функция обработки этой команды.

Для приема данных по последовательному порту разработана команда, имеющая формат, представленный в таблице.

Таблица

Формат команды для приема данных по последовательному порту

Команда	1 bin addr len crc data
1 bin	Наименование команды
addr	Адрес, начиная с которого полученная информация будет записана в память (6 байт)
len	Длина передаваемой информации (2 байта)
crc	Контрольная сумма (4 байта)
data	Передаваемые данные (максимум 256 байт)

Алгоритм функции обработки команды приема данных по последовательному порту предполагает:

- сохранение адреса, длины, контрольной суммы и полученных данных в локальных переменных функции;
- расчет контрольной суммы полученной информации;
- сравнение полученной контрольной суммы с вычисленной контрольной суммой;
- запись полученной информации в память, начиная с указанного адреса при совпадении контрольных сумм;
- расчет контрольной суммы записанной в память информации;
- сравнение последней контрольной суммы с переданной контрольной суммой;
- запись в последовательный порт ответа об успешной передаче данных при совпадении контрольных сумм или запись в последовательный порт ответа о неуспешной передаче данных.

Еще одной командой, используемой для редактирования программы микроконтроллера, является команда для записи принятых по последовательному порту данных в энергонезависимую память. Формат этой команды состоит только из ее наименования: |prog.

Алгоритм функции обработки этой команды обеспечивает:

- сохранение длины всей переданной информации;
- цикл записи данных в энергонезависимую память;
- запись в последовательный порт ответа об успешной записи данных в энергонезависимую память;
- установка глобального флага разрешения редактирования программы.

Следующим этапом алгоритма работы управляющего кода является инициализация массивов данных, на основе полученной по последовательному порту информации, сохраненной в энергонезависимой памяти. Инициализация происходит только если установлен глобальный флаг разрешения редактирования программы. После инициализации массивов данных происходит сброс глобального флага разрешения редактирования программы.

Разработанная система удаленного программирования обеспечивает возможность бесконтактного (беспроводного) редактирования управляющей программы микроконтроллера не прерывающего ее исполнение, сохранение программы в памяти при отключении питания и гарантирует целостность передаваемой информации в процессе программирования.

Использование разработанной системы позволяет удаленно изменять логику функционирования управляющего кода микроконтроллера, что особенно важно, если эксплуатируемые системы контроля и управления на микроконтроллере физически удалены от места постоянного пребывания специалистов, обеспечивающих их техническую поддержку.

Литература

1. Водовозов, А. М. Элементы систем автоматики: учебное пособие. Москва: Издательский центр «Академия», 2006. – 224с.

2. Водовозов, А. М. Микроконтроллеры для систем автоматики: учебное пособие / А. М. Водовозов. – Вологда : ВоГУ, 2015. – 224 с.

3. 1-Mbit serial I2C bus EEPROM. – Text : Electronic. – URL: <http://www.farnell.com/datasheets/2581772.pdf> (дата обращения: 05.06.2020).

4. Беделл, П. Сети. Беспроводные технологии / П. Беделл ; перевод с английского Р. М. Евтеев. – Москва : НТПресс, 2008. – 441 с.

5. 8-bit Atmel XMEGA AU Microcontroller Manual. – Text : Electronic. – URL: http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-8331-8-and-16-bit-AVR-Microcontroller-XMEGA-AU_Manual.pdf (дата обращения: 05.06.2020).

6. Белов, А. В. Микроконтроллеры AVR: от азов программирования до создания практических устройств : монография / А. В. Белов. – Санкт-Петербург : Наука и техника, 2016. – 544 с.

*A.M. Vodovozov, V.I. Gromov, S.A. Plekhanov
Vologda State University*

REMOTE PROGRAMMING SYSTEM FOR AVR MICROCONTROLLERS

The paper presents the remote programming system for AVR microcontrollers. An original solution in the form of a hardware-software complex consisting of a microcontroller with AVR architecture and a GSM wireless communication module was proposed. Algorithms for the operation of the programs have been described. These programs provide the ability to create and edit programs for the microcontroller flexibly by transmitting a relatively small amount of information through a wireless communication channel.

Microcontroller, autoprogramming, flash-memory, remote access.



РАЗРАБОТКА ЭМУЛЯТОРА ЖЕСТКОГО ДИСКА НА БАЗЕ КАРТЫ ПАМЯТИ ТИПА SD

Данная работа показывает способ замены устаревающего оборудования при помощи ПЛИС на примере жестких дисков. Рассматривается несколько видов тестирования ПО, облегчающего процесс разработки. Итоговая замена соответствует стандартам и может быть усовершенствована в дальнейшем.

ПЛИС, жесткий диск, устаревание оборудования, эмуляция.

Широкий спектр оборудования, включая компьютеры для промышленной автоматизации и станки с ЧПУ, выпущенные до начала 2000-х, использовали в качестве носителя 3,5-дюймовые дискеты или жесткие диски с интерфейсом PATA (Parallel Advanced Technology Attachment), известным также под названием IDE (Integrated Drive Electronics). Производители выпускали диски с подключением по интерфейсу PATA даже после стандартизации в 2000 г. последовательного порта Serial Advanced Technology Attachment (SATA). Последний полностью вытеснил PATA с рынка в 2008 г., поэтому возраст практически любого диска с этим интерфейсом составляет как минимум 10 лет. По этим причинам при эксплуатации оборудования стала актуальной замена устаревших дисков на аппаратные эмуляторы, использующие носители данных на флеш-памяти. Такие эмуляторы, обеспечивающие простое подключение современных USB-носителей, NAND-памяти и различных карт памяти, ориентированы, как правило, на промышленное применение. Они обеспечивают повышенную надежность эксплуатации и хранения информации, практически не подвержены воздействию магнитных полей, пыли, вибрации, температуры и других вредных факторов. Аппаратные эмуляторы поддерживают одновременное хранение на одном накопителе множество образов дисков, что устраняет необходимость в хранении и использовании большого количества различных дисков [2].

Контроллер диска (рис. 1) состоит из автомата для работы с шиной, автомата для обработки команд, таймера и «поставщика» данных. Последний компонент может быть представлен любым носителем данных или связкой носителя данных и кэширующего устройства.

Для написания программы контроллера диска выбран язык описания аппаратуры Verilog. Он независим от какой-либо платформы и ее типа (CPLD/FPGA), что позволяет использовать его практически на любой платформе, а также воспроизводить результаты работы в симуляции/эмуляции.

Создание программной модели и ее тестирование выполнялось на первом этапе проектирования. Модель проекта на C++, необходимая для тестирования, создавалась с помощью симулятора Verilator [3], выбранного из-за простоты конфигурации и подключения к существующему коду. Симулятор преобразует

код на Verilog в код на C++, который на выходе упаковывается в обычную библиотеку.

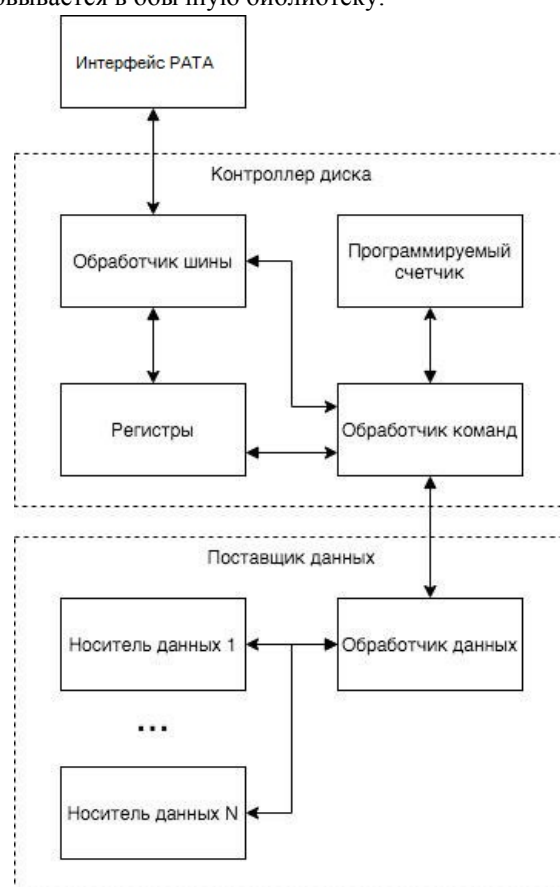


Рис. 1. Функциональная схема эмулятора

Проверка программы осуществлялась при помощи интерпретатора Icarus Verilog [1]. Он позволил просмотреть все внутренние регистры будущего устройства, а также временные диаграммы работы (рис. 2). На них можно убедиться, что алгоритмы обрабатывают сигналы в нужные моменты времени и предоставляют корректные значения.

В связке с симулятором использован эмулятор компьютера PCem, имеющий простой интерфейс для получения и отправки данных через порты ввода/вывода, большой выбор BIOS разных производителей. Это позволило проверить модель с различными реализациями управления жесткими дисками.

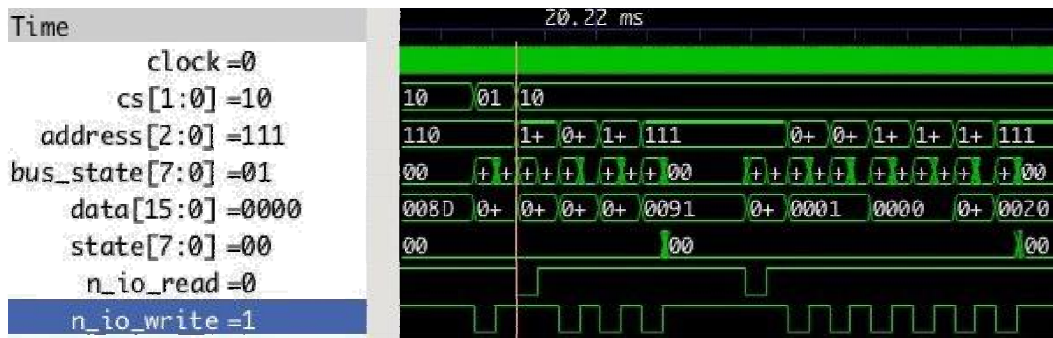


Рис. 2. Пример временной диаграммы

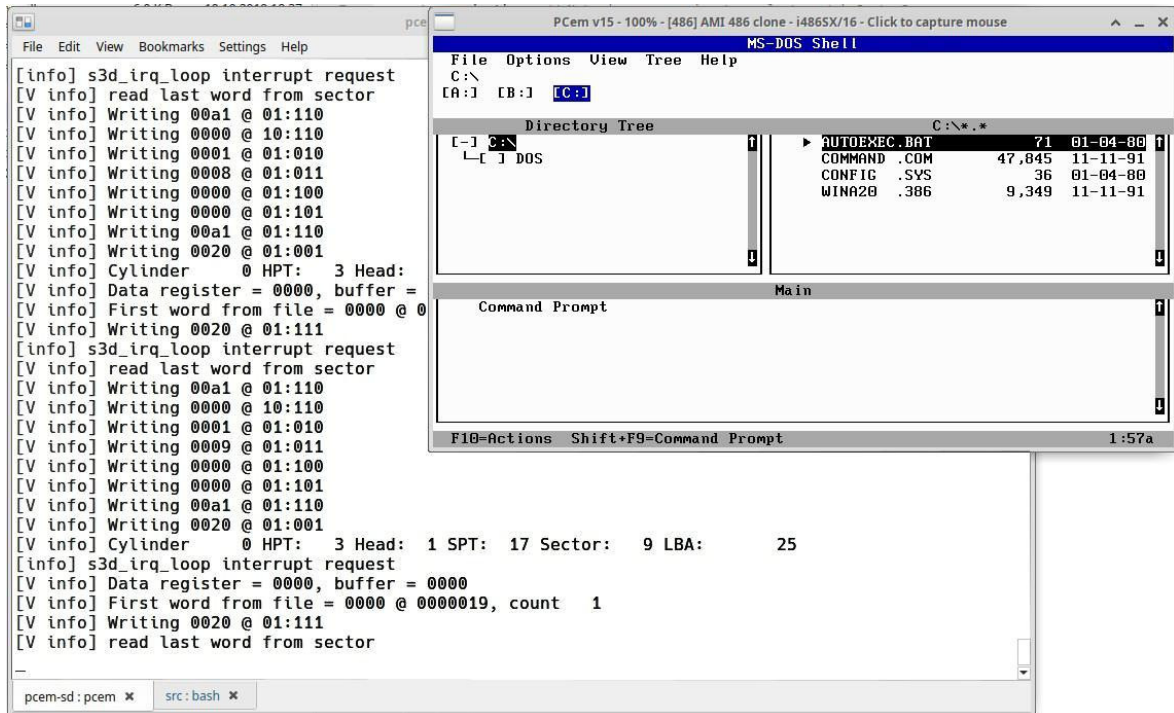


Рис. 3. Пример работы эмулятора и модели

Для проверки программной модели эмулятора использовано несколько типов тестирования:

- автоматическое;
- проверка шины, внутренних регистров, команд [2];
- проверка тактов на временной диаграмме;
- ручное на эмуляторе.

Проверялись команды из обязательного набора стандарта ATA-2, а также несколько команд, которые были добавлены в процессе тестирования:

- EXECUTE DEVICE DIAGNOSTIC (запуск диагностики диска);
- IDENTIFY DEVICE (вывести информацию о диске);
- INITIALIZE DEVICE PARAMETERS (записать параметры для работы с диском);
- SEEK (переместить позицию чтения/записи);
- READ SECTOR(S) (w/retry) (чтение данных с повтором при ошибке);
- READ SECTOR(S) (w/o retry) (чтение данных);
- READ VERIFY SECTOR(S) (w/retry) (проверка доступности данных с повтором при ошибке);

- READ VERIFY SECTOR(S) (w/o retry) (проверка доступности данных);
- WRITE SECTOR(S) (w/retry) (запись данных с повтором при ошибке);
- WRITE SECTOR(S) (w/o retry) (запись данных);
- RECALIBRATE (калибровка механизма).

При реализации команд в модели, компьютер запрашивает состояние диска через регистр статуса. Если диск не занят обработкой предыдущего запроса, компьютер посылает одну команду или их серию, чтобы задать различные параметры и запустить выполнение. После этого компьютер еще раз запрашивает статус, чтобы убедиться в том, что диск занят обработкой команды. Если команда имеет обратную связь через аппаратное прерывание, то компьютер будет ожидать его, иначе будет опрашивать регистр статуса через промежутки времени.

Тестирование показало, что модель способна проходить процесс инициализации и загружать простую операционную систему (рис. 3).

Однако, несмотря на компиляцию кода Verilog в C, текущая версия эмулятора персонального компьютера не позволяет корректно работать с отдельным

потоком диска и вовремя пересылать ему данные. Из-за этого основной поток часто ожидает выполнения кода со стороны диска и приостанавливает работу процессора.

С учетом результатов тестирования и проверки программой модели эмулятора диска для создания аппаратного прототипа выбрана отладочная плата **iCE40HX8K-EVB** от компании Lattice Semiconductor. Она имеет достаточно большое количество логических ячеек (прототип занимает 796 ячеек из 7680), работает на частоте до 100 МГц, относительно недорогая [4]. У данной платформы также имеются полностью бесплатные и открытые инструменты для создания прошивок.

Основные компоненты контроллера:

- FPGA iCE40HX-8K;
- конвертеры логического уровня;
- преобразователи питания;
- разъемы.

К FPGA, помимо нескольких напряжений (3.3 В для портов ввода/вывода, 1.2 В для основного питания) и тактового генератора на 100 МГц, подключена конфигурационная флеш-память.

FPGA и большая часть CPLD работают с логическими сигналами от 1.8 до 3.3 В, что не дает подключить их напрямую к интерфейсу IDE компьютера. Поэтому в схеме предусмотрены четыре двунаправленных конвертера логических уровней. Они автоматически переключают сторону входа/выхода в зависимости от напряжения на контактах той или иной стороны. Стандартный разъем питания жесткого диска предоставляет +5 В. Это напряжение +5 В преобразуется в +3.3 В и +1.2 В для FPGA и карты памяти.

На плате прототипа установлен разъем интерфейса PATA, два слота под карты памяти (для поддержки резервирования), разъем для программирования FPGA. Имеются два светодиода активности и группа контактов для установки режима устройства на шине – Master/Slave или выбор режима кабелем. Размер печатной платы совпадает с размером 3.5-дюймового жесткого диска для удобства установки в конструктив.

Для прототипа не понадобилось менять какие-либо критические части программы. Была добавлена инициализация регистров и состояний конечных автоматов при включении. После этого никаких изменений не требовалось, что является подтверждением

того, что тестирование на эмуляторе и автоматическое тестирование были корректными.

Прототип подтвердил корректную работу с шиной, передачу данных первого блока на 512 байт, передачу информации об устройстве. Тестирование прототипа выявило, что:

- для конечного устройства, необходимо увеличить частоту работы, т.к. период такта в 20 нс при частоте 50 МГц позволяет работать только в самом медленном режиме PIO 0 (600 нс на один цикл передачи);

- необходимо увеличить объем CPLD/FPGA, для того чтобы все блоки помещались в одну микросхему;

В результате выполнения работы разработан контроллер диска и программное обеспечение для него, а также система тестирования, позволяющая проверить его функционал.

Устройство имеет несколько отличий от большинства представленных на рынке:

- открытый исходный код;
- возможность добавления собственного функционала;
- возможность резервирования данных.

Проект показывает, что при помощи ПЛИС (FPGA) при сравнительно небольших затратах, можно восстановить поврежденные или даже неработоспособные устройства без потерь их совместимости с действующим оборудованием.

Литература

1. ASIC World: Verilog Basics – URL: <http://www.asicworld.com/systemverilog/basic.html> (дата обращения: 11.03.2020). – Текст : электронный.
2. CNews Analytics: Using FPGAs to avoid microprocessor obsolescence – URL: <https://www.edn.com/design/programmable-logic/4015159/Using-FPGAs-to-avoid-microprocessor-obsolescence> (дата обращения: 05.11.2019). – Текст : электронный.
3. Gisselquist Technology: Verilog, Formal Verification and Verilator Beginner's Tutorial – URL: <http://zipcpu.com/tutorial/> (дата обращения: 12.03.2020). – Текст : электронный.
4. Lattice Semiconductor: iCE40 LP/HX/LM – URL: <http://www.latticesemi.com/en/Products/FPGAandCPLD/iCE40> (дата обращения: 24.03.2020). – Текст : электронный.

A.M. Vodovozov, I.P. Korytov, D.Y. Kozin
Vologda State University

DEVELOPMENT OF HARD DISK EMULATOR BASED ON SD CARDS

This work shows a method for replacing aging equipment using FPGAs basing on the example of hard drives. Several types of software testing are considered to facilitate the development process. The final replacement is compliant with standards and may be further improved.

FPGA, hard disk drive, hardware obsolescence, emulation.



А.Д. Глазов, И.А. Кручинин, А.Д. Семенов
 Пензенский государственный технологический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ВЕРХНЕЙ ПЛАНКИ НАПОРНОГО УСТРОЙСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

В статье представлена возможность практической реализации алгоритма управления положением верхней губы напорного ящика бумагоделательной машины с использованием нейронных сетей. Также представлены результаты обучения нейронной сети по алгоритму Левенберга-Марквардта. В том числе изображена структура нейронной сети, а также показания датчиков при различных положениях верхней планки напорного устройства.

Нейронная сеть, аппроксимация, среднеквадратичная ошибка, напорный ящик.

В бумажной промышленности необходимо с большой точностью определять положение выпускной щели напорного ящика бумагоделательной машины. Посредством регулирования последней достигается необходимый технологический режим, от которого зависит выпуск бумажной массы на сетку и свойства бумаги. Выпускная щель чаще всего состоит из двух линеек, одна из которых неподвижна, а вторая регулируется относительно первой. Верхняя линейка называется верхней губой, нижняя

линейка – нижней губой напорного ящика. Положение верхней губы определяется двумя координатами по оси абсцисс и оси ординат относительно нижней губы. Для обеспечения заданного технологического режима необходимо точно знать данные координаты.

Конструкция напорного ящика закрытого типа *Papcell a.s. 784 10 Litovel* представлена на рисунке 1, а кинематическая схема привода управления верхней губой – на рисунке 2.

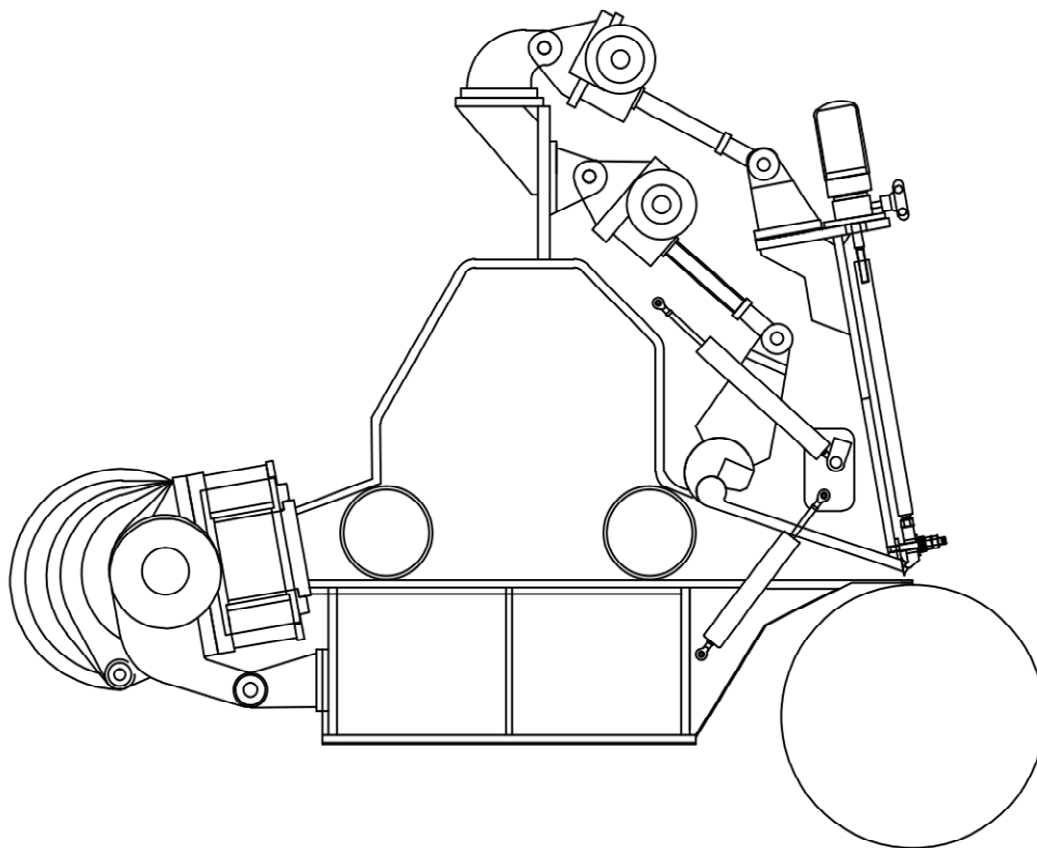


Рис. 1. Конструкция напорного ящика

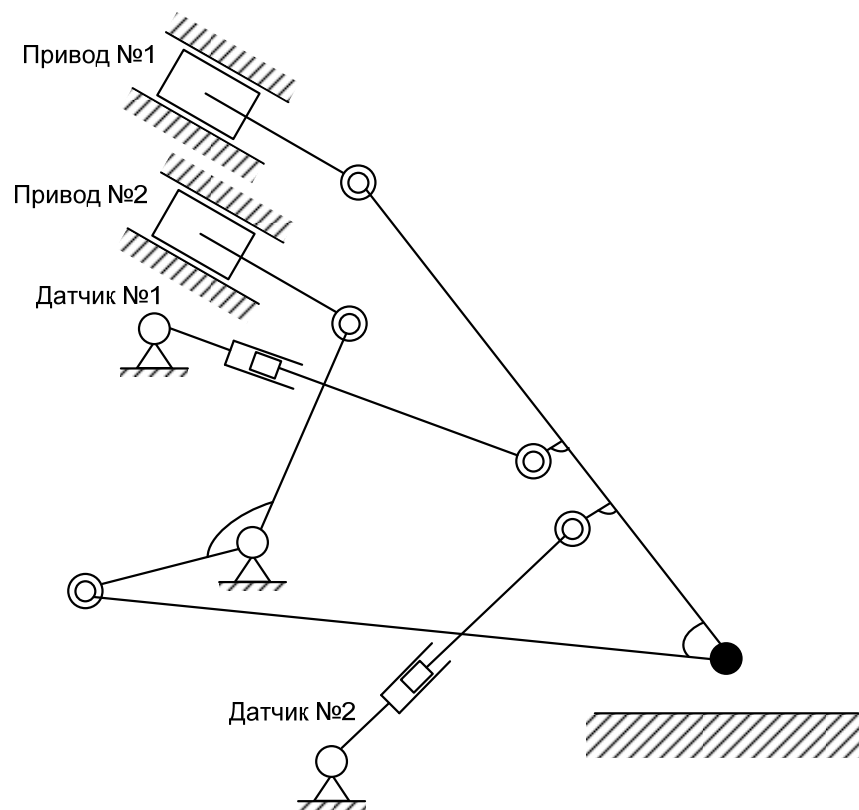


Рис. 2. Кинематическая схема привода

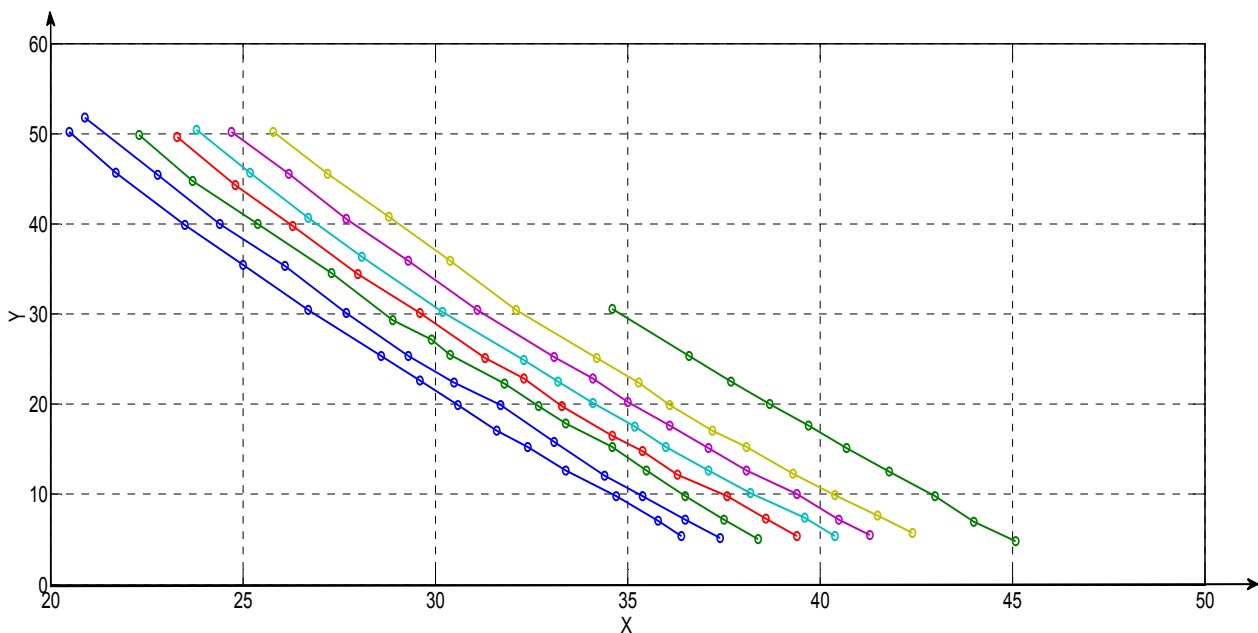


Рис. 3. Траектория перемещения верхней губы

Из кинематической схемы привода следует, что положение губы при включении одного из приводов меняется по окружности, причем имеет место несоответствие положения губы показаниям датчиков.

Для обеспечения заданного технологического режима необходимо по показаниям датчиков точно определить положение верхней губы в неподвижной системе координат, связанной с нижней губой.

Решение этой задачи осуществлялось путем аппроксимации экспериментально снятой зависимости положения верхней губы от показаний двух датчиков

установленных на ней. Сравнивались два вида аппроксимации – аппроксимация полиномами второго порядка

$$a_1L1^2 + a_2L2^2 + a_3L1L2 + a_4L1 + a_5L2 + a_6 = X$$

$$b_1L1^2 + b_2L2^2 + b_3L1L2 + b_4L1 + b_5L2 + b_6 = Y$$

и аппроксимация на основе нейронных сетей.

В ходе проведения эксперимента были сняты 108 показаний датчиков при различных положениях верхней планки напорного устройства. Траектория перемещения губы совпадает с предполагаемой и представлена на рисунке 3.

В результате аппроксимации получим коэффициенты полиномов, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Коэффициенты полиномов

a_i	b_i
$a_1 = -1.2615 \cdot 10^{-9};$	$b_1 = 1.5665 \cdot 10^{-9};$
$a_2 = 4.5366 \cdot 10^{-9};$	$b_2 = 8.3865 \cdot 10^{-9};$
$a_3 = 1.8428 \cdot 10^{-9};$	$b_3 = 2.5653 \cdot 10^{-9};$
$a_4 = 4.1985 \cdot 10^{-4};$	$b_4 = -1.4487 \cdot 10^{-4};$
$a_5 = 6.3564 \cdot 10^{-4};$	$b_5 = -2.4605 \cdot 10^{-3};$
$a_6 = 1.5703 \cdot 10^1;$	$b_6 = 6.3900 \cdot 10^1;$

Ошибка в расхождении экспериментальных данных и данных, полученных в результате аппроксимации представлена на рисунке 4.

Среднеквадратичное значение ошибок аппроксимации равно:

$$E_{xcp} = 0.1146, E_{ycp} = 0.1361.$$

Аппроксимация с помощью нейронных сетей проводилась с помощью двухслойной статической нейронной сети с линейной функцией активации в выходном слое и тангенциальной функцией во входном слое. В результате проверки обученной нейронной сети на контрольном множестве было выбрано оптимальное число нейронов сети. Для входного слоя оно равно четырем, для выходного слоя количество нейронов равно двум. Структура нейронной сети изображена на рисунке 5.

В качестве метода обучения был выбран алгоритм Левенберга-Марквардта. Данный алгоритм обладает быстрой сходимостью при высокой точности обучения.

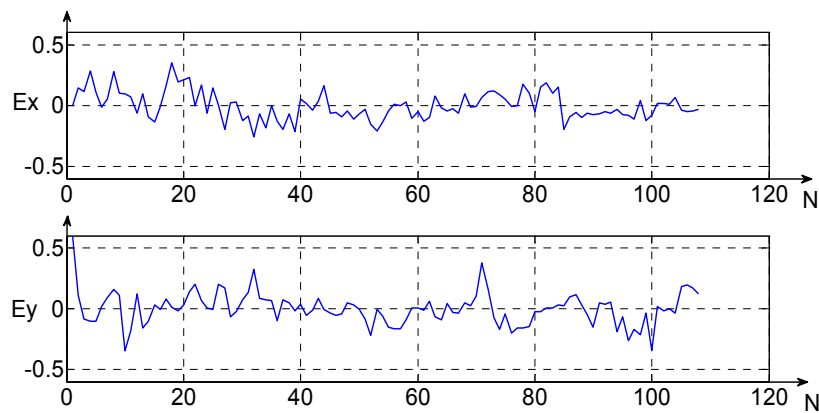


Рис. 4. Ошибка аппроксимации

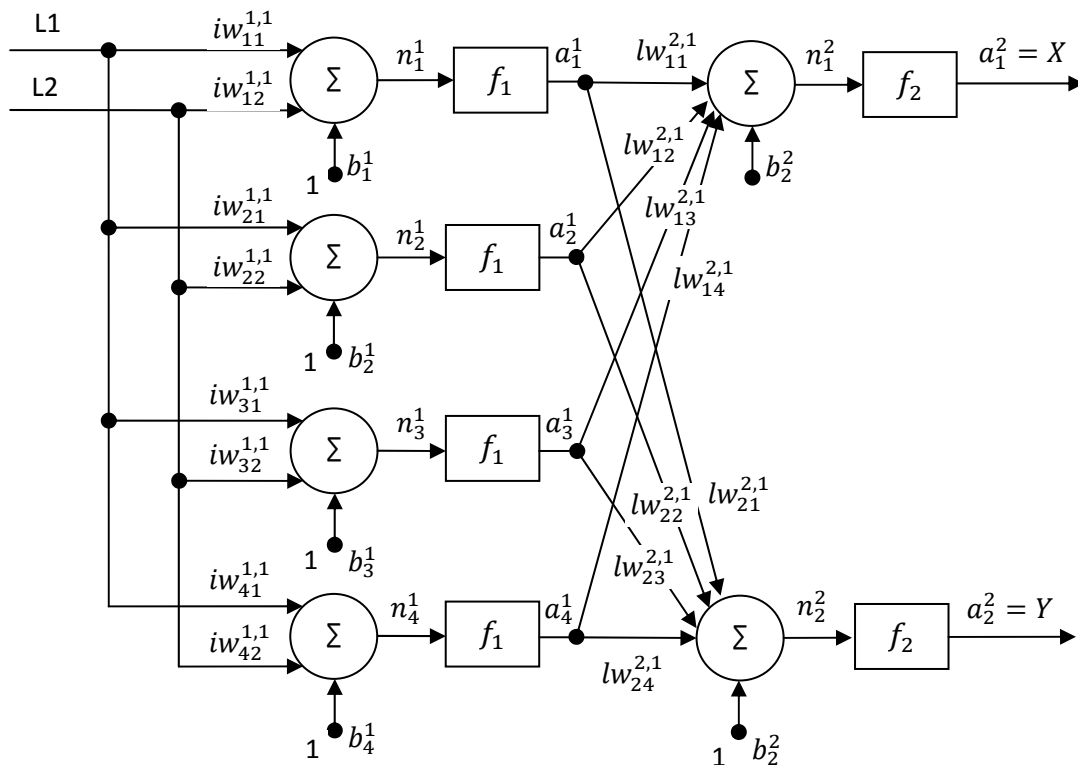


Рис. 5. Структура нейронной сети

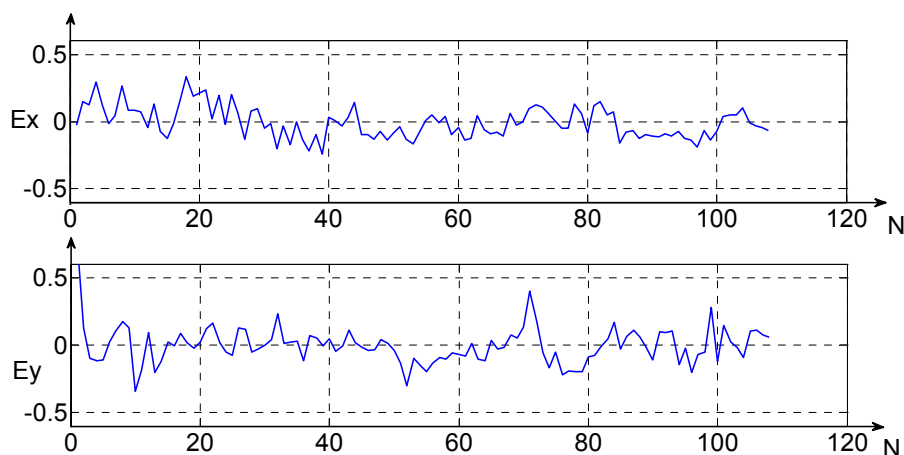


Рис. 6. Ошибка аппроксимации

Нейронная сеть прошла обучение за первые десять циклов. В результате обучения получены параметры весов и смещений, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Значения весов

Входной слой		Выходной слой	
$iw_{11}^{1,1}$	1.6754	$lw_{11}^{2,1}$	-0.2529
$iw_{12}^{1,1}$	2.2435	$lw_{12}^{2,1}$	0.2802
$iw_{21}^{1,1}$	1.9780	$lw_{13}^{2,1}$	-0.9099
$iw_{22}^{1,1}$	-1.9818	$lw_{14}^{2,1}$	-0.3051
$iw_{31}^{1,1}$	0.4620	$lw_{21}^{2,1}$	-0.8250
$iw_{32}^{1,1}$	2.7616	$lw_{22}^{2,1}$	-0.6388
$iw_{41}^{1,1}$	-2.1284	$lw_{23}^{2,1}$	0.4463
$iw_{42}^{1,1}$	-1.8194	$lw_{24}^{2,1}$	0.3212
iw_1^1	-2.8000	lw_1^2	-0.2323
iw_2^1	-0.9333	lw_2^2	0.2547
iw_3^1	0.9333		
iw_4^1	-2.8000		

Ошибка в расхождении экспериментальных данных и полученных в результате аппроксимации представлена на рисунке 6.

Среднеквадратичная ошибка вычислений близка к ошибке полиномиальной аппроксимации.

$$E_{\text{exp}} = 0.1200, E_{\text{yup}} = 0.1374$$

При практической реализации алгоритма управления положением верхней губы предпочтение было отдано аппроксимации с использованием нейронных сетей как имеющих преимущество при аппроксимации траекторий движения более сложных кинематических схем.

D.A. Glazov, I.A. Kruchinin, A.D. Semenov
Penza State Technological University

DETERMINING THE POSITION OF THE PRESSURE DEVICE UPPER BAR USING NEURAL NETWORKS

The article presents the possibility of practical implementation of an algorithm for controlling the position of the upper lip of paper-making machine head box using neural networks. The results of training a neural network using the Levenberg-Marquardt algorithm are also presented. The structure of the neural network as well as sensor readings at various positions of the upper bar of the pressure device are also shown.

Neural network, approximation, standard error, head box.



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ В СРЕДЕ MATLAB

Представлены результаты математического моделирования электромеханической системы с распределенными параметрами в среде MATLAB. Проведен сравнительный анализ амплитуд графиков тока без и при подключении простейшего корректирующего устройства (единичной обратной связи).

Математическое моделирование, система с распределенными параметрами, резонансная частота, корректирующее устройство, ток.

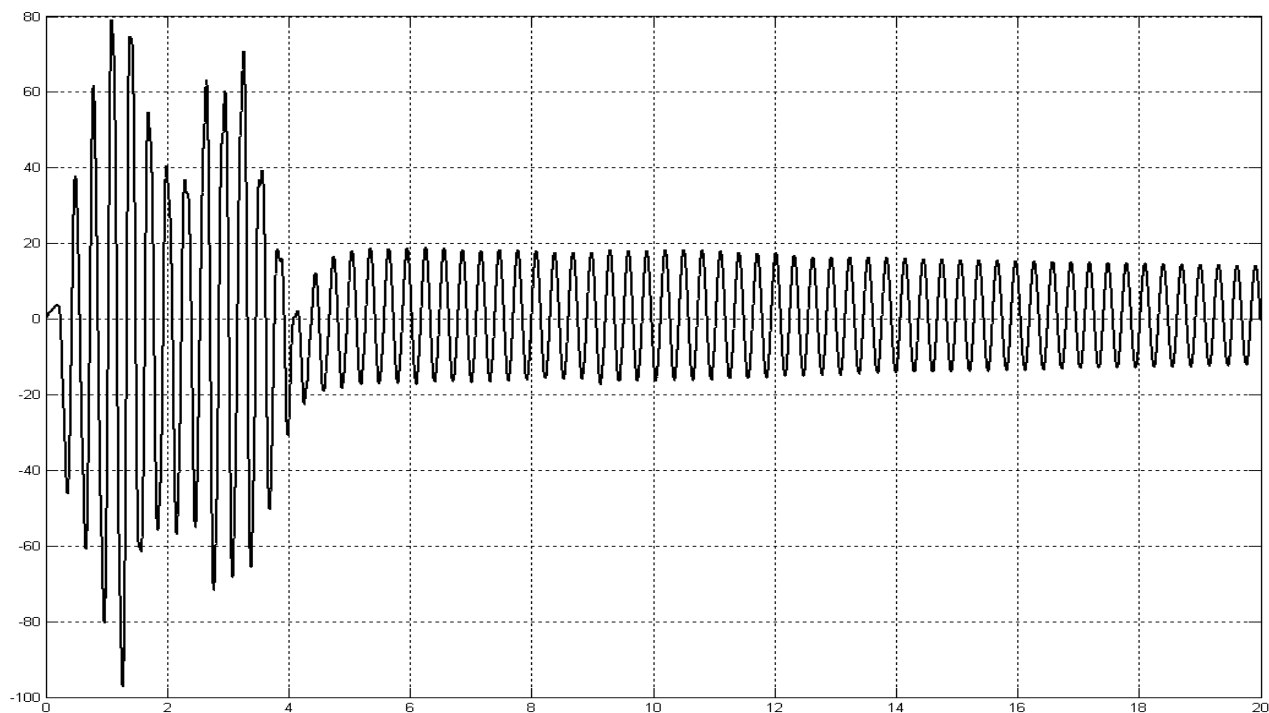
Математическое моделирование электромеханической системы (ЭМС) с распределенными параметрами (СРП) в среде MATLAB/Simulink выполнено для экспериментального стенда, подробно описанного в [1]. Параметры моделирования указаны в [2]. Полученные графики тока при частотах меньше и равной первой резонансной частоте представлены на рисунках 1 и 2.

Амплитуда графика тока при резонансной частоте увеличивается примерно в 10 раз за 20 секунд моделирования. При дальнейшем увеличении времени моделирования амплитуда графика тока увеличивается, как и должно быть при резонансной частоте.

Таким образом, математическое моделирование разработанной математической модели ЭМС СРП в пакете MATLAB/Simulink полностью подтверждает теоретические исследования [3].

Математическое моделирование ЭМС СРП с корректирующим устройством (КУ) в среде MATLAB/Simulink для экспериментального стенда выполнено ранее, однако в открытых источниках не опубликовано. Параметры моделирования указаны в [2]. Полученные графики тока без и с КУ при первой резонансной частоте представлены на рисунках 3 и 4.

I, A



t, сек

Рис. 1. График тока при частоте меньше резонансной частоты

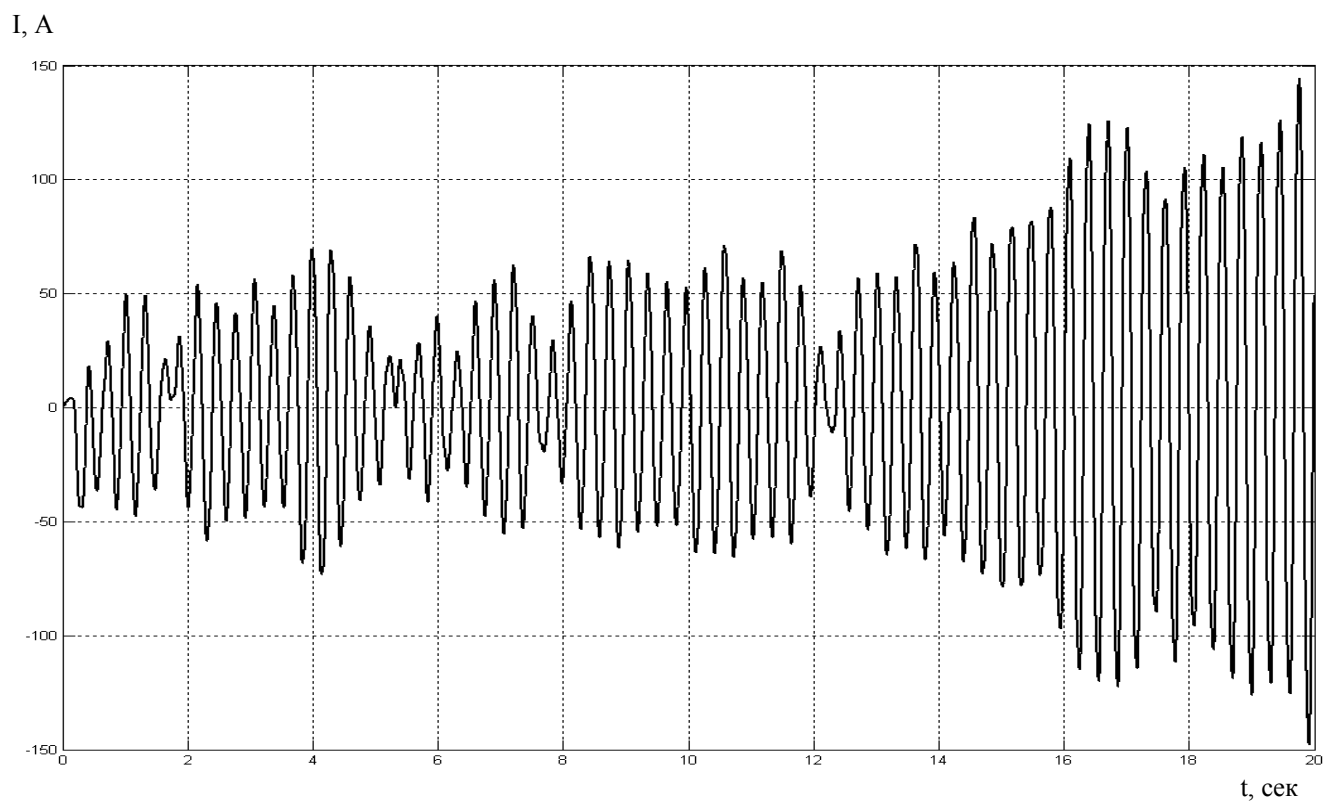


Рис. 2. График тока при частоте равной резонансной частоте

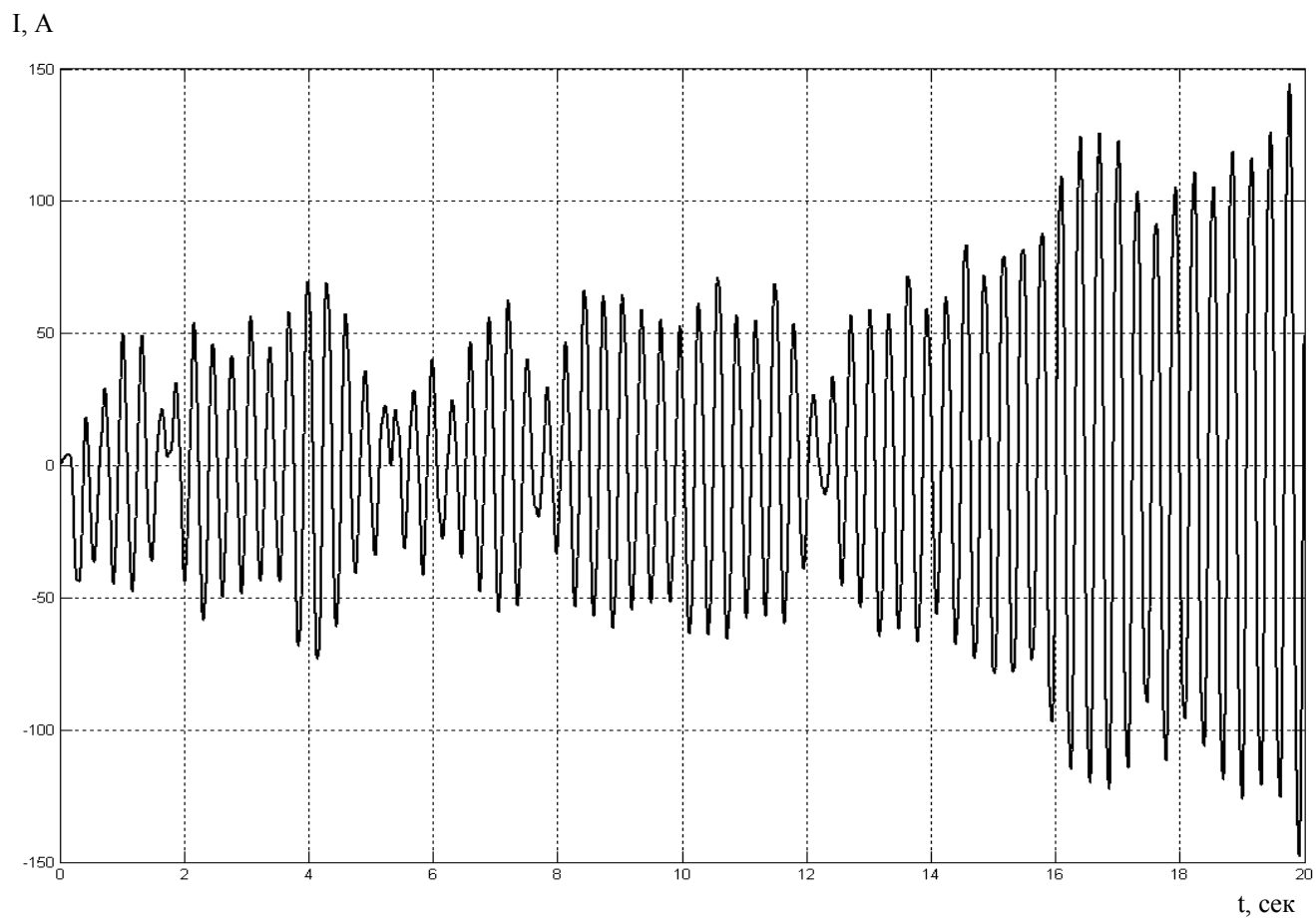


Рис. 3. График тока при резонансной частоте без подключения КУ

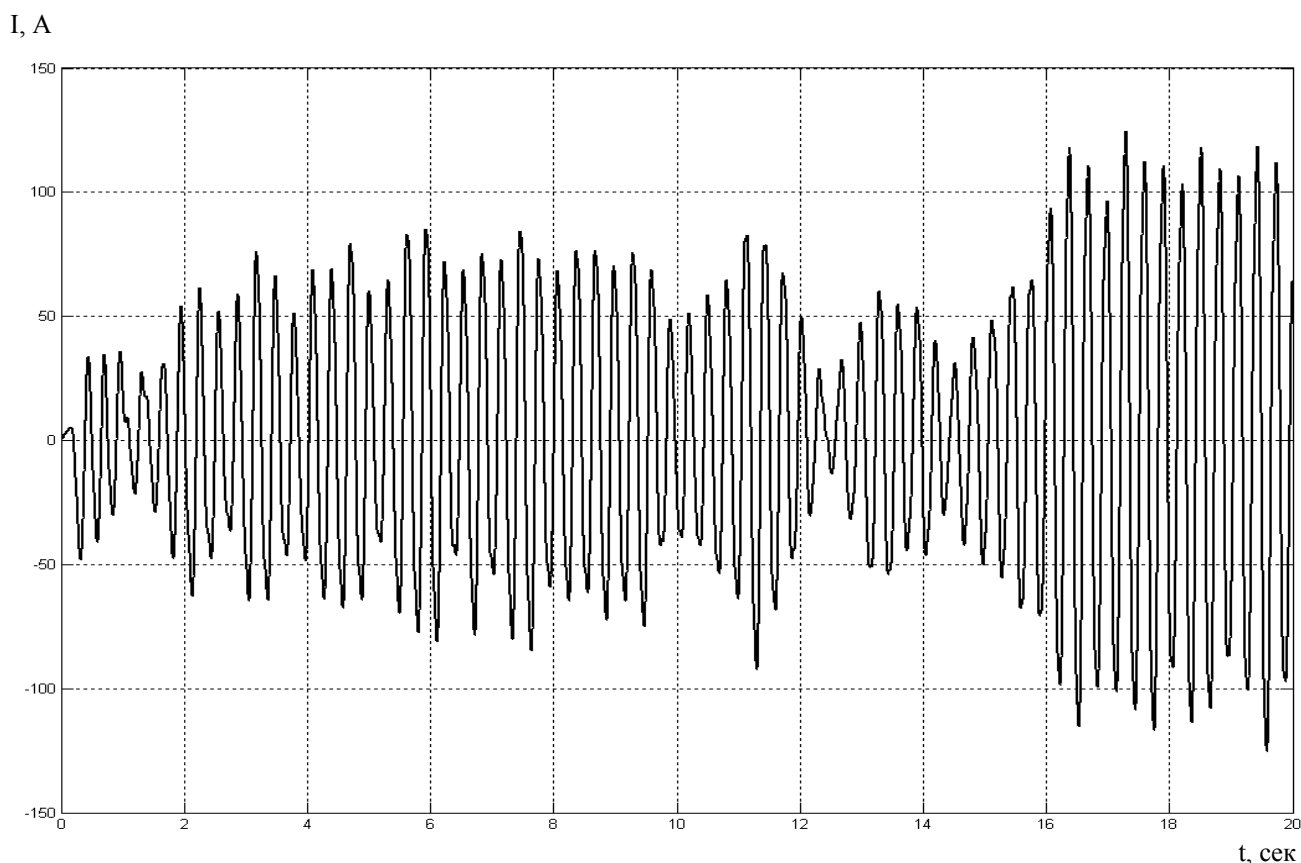


Рис. 4. График тока при резонансной частоте при подключении КУ

Амплитуда графика тока при подключении простейшего КУ (единичной ОС) уменьшается примерно в 2 раза за 20 секунд моделирования. При дальнейшем увеличении времени моделирования амплитуда графика тока не увеличивается, а стабилизируется, как и должно быть при подключении КУ.

Таким образом, математическое моделирование разработанной математической модели ЭМС СРП с КУ в пакете MATLAB/Simulink полностью подтверждает теоретические исследования [4].

Литература

1. Корнеев, А. П. Стенд для исследования систем с распределенными параметрами / А. П. Корнеев, Г. С. Ленеvский // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : Тезисы международной научно-технической конференции молодых ученых (Могилев, 17–18 ноября 2011г.) // Белорусско-Российский университет. – Могилев, 2011. – С. 215–216.

2. Karneyev, A. P. Development of a stand for research of systems with the distributed parameters / Karneyev A. P., Lenevsky G. S. // Journal of the Technical University of Gabrovo. – 2011. – Vol. 41. – P. 32–35.

4. Корнеев, А. П. Разработка математической модели электромеханической системы с распределенными параметрами в среде MATLAB / А. П. Корнеев, В. Н. Абабурко // САПР и моделирование в современной электронике : сборник научных трудов II-ой международной научно-технической конференции под редакцией Л. А. Потапова, А. Ю. Дракина : в 2 частях. – Брянск : БГТУ, 2018. – Ч.2 – С. 59–62.

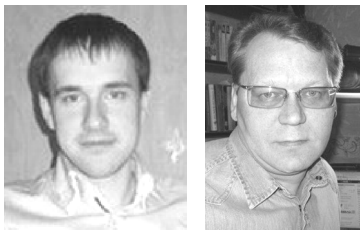
3. Кабушева, В. В. Синтез системы управления электромеханической системы с распределенными параметрами / Кабушева В. В., Корнеев А. П., Ленеvский Г. С. // Информационные технологии, энергетика и экономика : материалы докладов XIII межрегиональной научно-технической конференции студентов и аспирантов (Смоленск, 14–15 апреля 2016) : в 4 томах / МЭИ (ТУ). – Смоленск, 2016. – Т. 1. – С. 307–310.

A.P. Korneev
Belarusian-Russian University

MATHEMATICAL MODELING OF ELECTROMECHANICAL SYSTEM WITH DISTRIBUTED PARAMETERS IN MATLAB

The results of mathematical modeling of an electromechanical system with distributed parameters in MATLAB are presented. A comparative analysis of the amplitudes of the current graphs without and with the connection of the simplest correcting device (single feedback) is carried out.

Mathematical modeling, distributed parameter system, resonant frequency, correcting device, current.



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗНОГО РАСЧЕТА ЗАТРАТ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ И РЕАЛИЗАЦИЯ ЕЕ В СРЕДЕ MS EXCEL

Описаны предпосылки необходимости оценки прогнозных величин затрат на ТО техники, в т.ч. в рамках разработки методик оценки конкурентоспособности автомобилей или эффективности их работы. Предложена математическая модель, учитывающая основные технические особенности и позволяющая получать прогнозную оценку величин и характера денежных потоков при эксплуатации техники. Продемонстрирован пример реализации полученной модели и алгоритма расчета в среде MS Excel.

Спутниковые системы телематического контроля, автотранспортные предприятия, базы данных, математическая модель, калькулятор затрат, MS Excel.

Проблема поиска дополнительных средств экономии эксплуатационных затрат в современных экономических реалиях является одной из наиболее часто встречающихся задач для автотранспортных предприятий всех форм собственности [1–3].

Для облегчения процесса оценки легковых автомобилей (ЛА) по их системе фирменного сервиса

(СФС) и автоматизации расчета величин предполагаемых прогнозных затрат на ТО ЛА в течение заданного срока эксплуатации была разработана математическая модель зависимости стоимости ТО ЛА от пробега, лет в эксплуатации и конструктивных особенностей ЛА.

$$Q_{\text{ТО}}(n, L) = \left\{ \begin{array}{l} Q_{\text{мм}} V_{\text{мм}} \frac{L}{t_{\text{ТО}}} + Q_{\text{мф}} \frac{L}{t_{\text{ТО}}} + Q_{\text{вф}} \frac{L}{t_{\text{ТО}}}, \text{ если } L > nt_{\text{ТО}} \\ Q_{\text{мм}} V_{\text{мм}} n + Q_{\text{мф}} n + Q_{\text{вф}} n, \text{ если } L < nt_{\text{ТО}} \\ \\ Q_{\text{св}} n_{\text{св}} \frac{L}{t_{\text{св}}}, \text{ если бензиновый ДВС и если } L > t_{\text{св}} \\ \\ Q_{\text{ож}} V_{\text{ож}} \frac{L}{t_{\text{ож}}}, \text{ если } L > t_{\text{ож}} \\ \\ Q_{\text{тфд}} \frac{L}{t_{\text{тфд}}}, \text{ если дизельный ДВС} \\ \\ Q_{\text{тфб}} \frac{L}{t_{\text{тфб}}}, \text{ если бензиновый ДВС} \\ \\ Q_{\text{сф}} \frac{L}{t_{\text{сф}}} \\ \\ Q_{\text{ммкпп}} V_{\text{ммкпп}} \frac{L}{t_{\text{ммкпп}}}, \text{ если на ЛА МКПП} \\ \\ Q_{\text{макпп}} V_{\text{макпп}} \frac{L}{t_{\text{макпп}}} + Q_{\text{факпп}} \frac{L}{t_{\text{макпп}}} + Q_{\text{рмакпп}} \frac{L}{t_{\text{макпп}}}, \text{ если на ЛА АКПП} \\ \\ 2(Q_{\text{колд}} \frac{L}{t_{\text{колд}}} + Q_{\text{диск}} \frac{L}{t_{\text{диск}}}), \text{ если ЛА с дисковыми тормозами} \\ \\ Q_{\text{колд}} \frac{L}{t_{\text{колд}}} + Q_{\text{диск}} \frac{L}{t_{\text{диск}}} + Q_{\text{кольб}} \frac{L}{t_{\text{кольб}}} + Q_{\text{бараб}} \frac{L}{t_{\text{бараб}}}, \text{ если ЛА с дисковыми} \\ \text{и барабанными тормозами} \\ \\ Q_{\text{тж}} V_{\text{тж}} \frac{L}{t_{\text{тж}}}, \text{ если } L > nt_{\text{ТО}} \\ \\ Q_{\text{тж}} V_{\text{тж}} \frac{n}{2}, \text{ если } L < nt_{\text{ТО}} \\ \\ Q_{\text{матр}} V_{\text{матр}} \frac{L}{t_{\text{матр}}}, \text{ если ЛА полноприводный} \\ \\ Q_{\text{рвсп}} \frac{L}{t_{\text{рвсп}}} + Q_{\text{ролвсп}} \frac{L}{t_{\text{рвсп}}} \\ \\ Q_{\text{ргрм}} \frac{L}{t_{\text{ргрм}}} + Q_{\text{ролгрм}} \frac{L}{t_{\text{ргрм}}}, \text{ если ГРМ ДВС с ременным приводом и } L > 6t_{\text{ТО}} \\ \\ Q_{\text{ргрм}} \frac{n}{6} + Q_{\text{ролгрм}} \frac{n}{6}, \text{ если ГРМ ДВС с ременным приводом и } L < 6t_{\text{ТО}} \text{ или } L < nt_{\text{ТО}} \\ \\ Q_{\text{цгрм}} \frac{L}{t_{\text{цгрм}}} + Q_{\text{кцгрм}} \frac{L}{t_{\text{цгрм}}}, \text{ если ГРМ ДВС с цепным приводом} \end{array} \right.$$

при следующих ограничениях:

$$\frac{L}{t_{ТО}} = 1, \text{ или } 2, \text{ или } 3 \text{ и т. д.}$$

если $\frac{L}{t_{СВ}} < 1$, то $\frac{L}{t_{СВ}} = 0$, $\frac{L}{t_{СВ}} = 0$, или 1, или 2, или 3 и т. д.

если $\frac{L}{t_{ОЖ}} < 1$, то $\frac{L}{t_{ОЖ}} = 0$, $\frac{L}{t_{ОЖ}} = 0$, или 1, или 2, или 3 и т. д.

если $\frac{L}{t_{ТФб}} < 1$, то $\frac{L}{t_{ТФб}} = 0$, $\frac{L}{t_{ТФб}} = 0$, или 1, или 2, или 3 и т. д.

если $\frac{L}{t_{ММКПП}} < 1$, то $\frac{L}{t_{ММКПП}} = 0$, $\frac{L}{t_{ММКПП}} = 0$, или 1, или 2, или 3 и т. д.

если $\frac{L}{t_{АМКПП}} < 1$, то $\frac{L}{t_{АМКПП}} = 0$, $\frac{L}{t_{АМКПП}} = 0$, или 1, или 2, или 3 и т. д.

если $\frac{L}{t_{ДИСК}} < 1$, то $\frac{L}{t_{ДИСК}} = 0$, $\frac{L}{t_{ДИСК}} = 0$, или 1, или 2, или 3 и т. д.

если $\frac{L}{t_{БАРАБ}} < 1$, то $\frac{L}{t_{БАРАБ}} = 0$, $\frac{L}{t_{БАРАБ}} = 0$, или 1, или 2, или 3 и т. д.

если $\frac{L}{t_{КОЛЬ}} < 1$, то $\frac{L}{t_{КОЛЬ}} = 0$, $\frac{L}{t_{КОЛЬ}} = 0$, или 1, или 2, или 3 и т. д.

если $\frac{L}{t_{КОЛД}} < 1$, то $\frac{L}{t_{КОЛД}} = 0$, $\frac{L}{t_{КОЛД}} = 0$, или 1, или 2, или 3 и т. д.

если $\frac{L}{t_{ТЖ}} < 1$, то $\frac{L}{t_{ТЖ}} = 0$, $\frac{L}{t_{ТЖ}} = 0$, или 1, или 2, или 3 и т. д.

если $\frac{L}{t_{МАТР}} < 1$, то $\frac{L}{t_{МАТР}} = 0$, $\frac{L}{t_{МАТР}} = 0$, или 1, или 2, или 3 и т. д.

если $\frac{L}{t_{РВСП}} < 1$, то $\frac{L}{t_{РВСП}} = 0$, $\frac{L}{t_{РВСП}} = 0$, или 1, или 2, или 3 и т. д.

если $\frac{L}{t_{ГРМ}} < 1$, то $\frac{L}{t_{ГРМ}} = 0$, $\frac{L}{t_{ГРМ}} = 0$, или 1, или 2, или 3 и т. д.

если $\frac{L}{t_{ЦГРМ}} < 1$, то $\frac{L}{t_{ЦГРМ}} = 0$, $\frac{L}{t_{ЦГРМ}} = 0$, или 1, или 2, или 3 и т. д.

Таблица 1

Описание переменных модели стоимости ТО ЛА

Описание переменной	Обозначение	Единица измерения
Объем масла в ДВС	V _{мм}	литр
Общий пробег ЛА	L	км
Пробег между ТО	t _{то}	км
Лет в эксплуатации	n	годы
Количество свечей в ДВС	п _{св}	штук
Периодичность замены свечей	t _{св}	км
Объем охлаждающей жидкости в ДВС	V _{ож}	литр
Периодичность замены охлаждающей жидкости	t _{ож}	км
Периодичность замены бензинового топл. фильтра	t _{тфб}	км
Периодичность замены дизельного топл. фильтра	t _{тфд}	км
Объем масла в МКПП	V _{ммкпп}	литр
Периодичность замены масла в МКПП	t _{ммкпп}	км
Объем масла в АКПП	V _{амкпп}	литр
Периодичность замены масла в АКПП	t _{амкпп}	км
Ср. наработка колодок дискового тормоза	t _{колд}	км
Ср. наработка тормозных дисков	t _{диск}	км
Ср. наработка колодок барабанного тормоза	t _{коль}	км
Ср. наработка тормозных барабанов	t _{бараб}	км
Объем тормозной жидкости в ЛА	V _{тж}	литр
Интервал замены ТЖ	t _{тж}	км
Средний объем масла в агрегатах трансмиссии	V _{матр}	литр
Ср. наработка масла в агрегатах трансмиссии	t _{матр}	км
Ср. наработка ремня вспомогательных агрегатов	t _{рвсп}	км
Ср. наработка ремня ГРМ	t _{грм}	км
Ср. наработка цепи ГРМ	t _{цгрм}	км

Таблица 2

Описание постоянных модели стоимости ТО ЛА

Описание переменной	Обозначение	Единица измерения
Ср. цена 1 литра моторного масла	Q _{мм}	руб.
Ср. цена масляного фильтра ДВС	Q _{мф}	руб.
Ср. цена воздушного фильтра ДВС	Q _{вф}	руб.
Ср. цена свечи зажигания	Q _{св}	руб.
Ср. цена 1 литра охлаждающей жидкости	Q _{ож}	руб.
Ср. цена топливного фильтра дизельного ДВС	Q _{тфд}	руб.
Ср. цена топливного фильтра бензинового ДВС	Q _{тфб}	руб.
Ср. цена салонного фильтра	Q _{сф}	руб.
Ср. цена 1 литра масла в МКПП	Q _{ммкпп}	руб.
Ср. цена 1 литра масла в АКПП	Q _{амкпп}	руб.
Ср. цена фильтров в АКПП	Q _{факпп}	руб.
Ср. цена расходных материалов для АКПП	Q _{рмакпп}	руб.
Ср. цена колодок для дискового тормоза	Q _{колд}	руб.
Ср. цена 2 тормозных дисков	Q _{диск}	руб.
Ср. цена колодок для барабанного тормоза	Q _{коль}	руб.
Ср. цена 2 тормозных барабанов	Q _{бараб}	руб.
Ср. цена 1 литра тормозной жидкости	Q _{тж}	руб.
Ср. цена 1 литра масла в агрегатах трансмиссии	Q _{матр}	руб.
Ср. цена ремня вспомогательных агрегатов	Q _{рвсп}	руб.
Ср. цена роликов ремня вспомогательных агрегатов	Q _{ролвсп}	руб.
Ср. цена ремня ГРМ	Q _{грм}	руб.
Ср. цена роликов ремня ГРМ	Q _{ролцгрм}	руб.
Ср. цена цепи ГРМ	Q _{цгрм}	руб.
Ср. цена комплектующих для замены цепи ГРМ	Q _{кцгрм}	руб.

Модель основана на декомпозиции и анализе регламентов современных ЛА различных производителей, а также на опыте автора, приобретенном во время работы на сервисных предприятиях и в сфере продаж запасных частей и смазочных материалов. $Q_{то}(n, L)$, руб – итоговая функция суммарных затрат на ТО ЛА в зависимости от: n – срока эксплуатации в годах и L – суммарного пробега за этот же период в км.

В предложенной модели используются следующие обозначения: описание и единицы измерения переменных приведены в таблице 1, постоянных – в таблице 2.

Ограничения и особенности разработанной модели:

1. Модель применима для современных ЛА с бензиновыми и дизельными двигателями, ДВС с цепным или ременным приводом ГРМ, МКПП и АКПП (ЛА с вариатором могут показывать большее расхождение фактическим и смоделированными значениями из-за сложности прогнозирования расходов на ТО вариаторной трансмиссии), с различными типами приводов.

2. В модели не используется дисконтирование величин затрат и не учитываются стоимости работ по ТО. Последнее допущение принято сознательно, так как с точки зрения выбора ЛА этот параметр, при имеющемся разбросе как вариантов проведения ТО (своими силами или в сервисных организациях), так и стоимостей нормо-часа, не играет практической роли. С точки зрения прогнозной оценки величин затрат на ТО можно включить стоимость обслуживания на каждом этапе или экспертно, опираясь на усредненное процентное соотношение стоимости работ к стоимости расходных материалов [3].

3. Итоговая точность результатов моделирования зависит от точности задания значений в блоках переменных и постоянных.

4. Блок постоянных включает значения средних стоимостей расходных материалов и эксплуатационных материалов, которые рекомендуется найти на как можно более широкой выборке значений розничных или закупочных цен.

5. Блок переменных содержит значения из технической документации анализируемого ЛА (объемы заправок и сроки замены) и данные опытной эксплуатации подобных ЛА (средние пробеги до замены) [4].

6. Блок ограничений учитывает некоторые особенности построения регламентов ТО и учитывает принципы проведения ТО по пробегу или/и календарному времени в некоторых случаях (например, замена ремня ГРМ).

Для автоматизации работы с данной моделью разработан Калькулятор прогнозной стоимости ТО ЛА в среде MS Excel, который с помощью разработанного макроса автоматически находит расчетные величины и строит графические зависимости суммарной накопленной стоимости ТО ЛА от продолжительности эксплуатации и пробега $Q_{то}(n,L)$, руб, а также удельной стоимости ТО, приведенной к пробегу ЛА с построением линий тренда и отображением их уравнений и величин аппроксимации.

Для проверки адекватности и точности полученной модели была проведена ее проверка на имеющихся данных опытной эксплуатации ЛА марок Peugeot 308 (9 лет и 156 т. км) и Renault Sandero (4 года в эксплуатации и 87 т. км пробега). Сравнение полученных результатов моделирования и опытных данных показаны на рисунках 1–2. Отклонения значений не превышают 5–12 %, что говорит о достаточной точности полученной модели и возможности ее использования для прогнозного определения величин суммарных затрат на ТО ЛА на стадии их оценки.

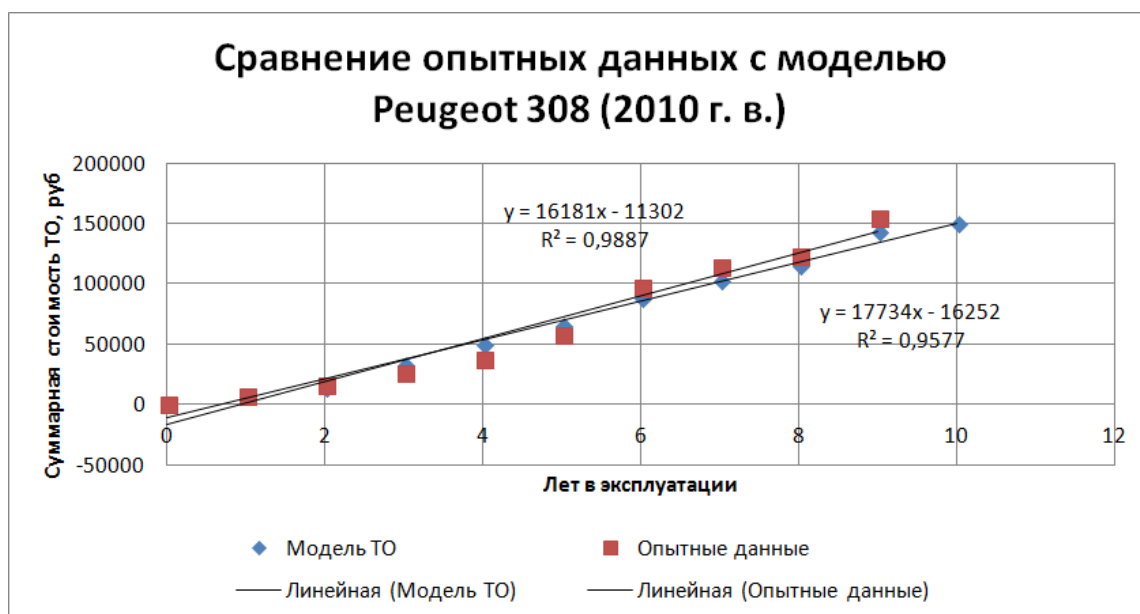


Рис. 1. Сравнение полученных результатов моделирования суммарной стоимости ТО и опытных данных по ЛА Peugeot 308 (годовой пробег 15 т. км)

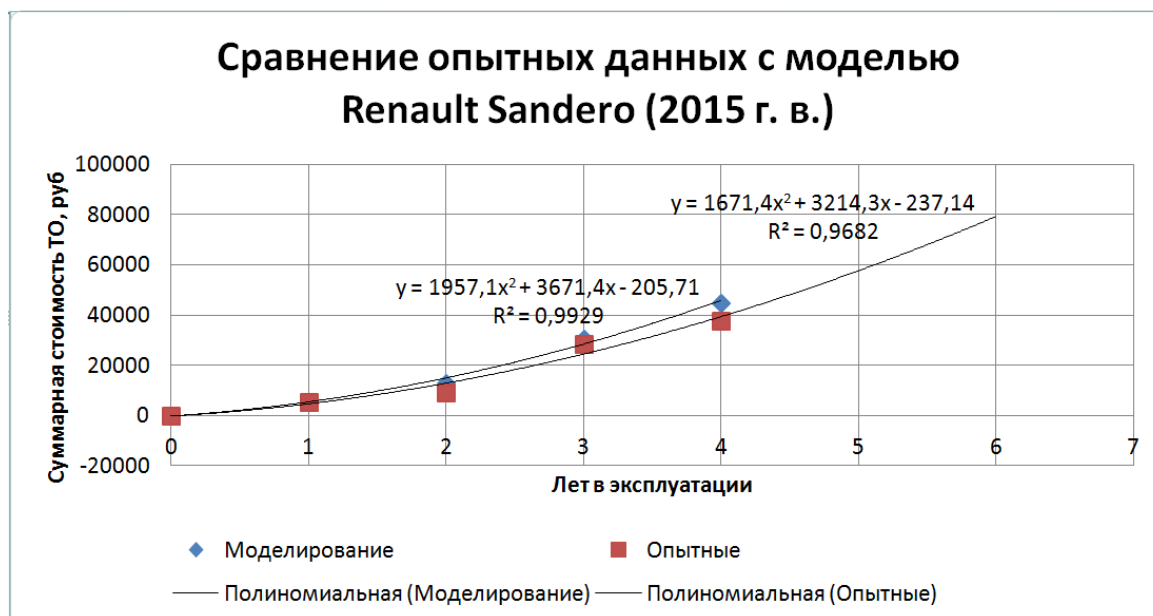


Рис. 2. Сравнение полученных результатов моделирования суммарной стоимости ТО и опытных данных по ЛА Renault Sandero (годовой пробег 15 т. км)

Предложенная частная методика оценки и математическая модель расчета критериев СФС представляется удобно применимой на практике и обеспечивает получение информативных и достоверных данных для последующего итогового сравнения ЛА. Эти сведения позволяют объективно оценить приспособленность сравниваемых ЛА к поддержанию исправного технического состояния в конкретном регионе применения и возможные затраты на его восстановление даже для максимально близких по технико-экономическим характеристикам моделей.

Литература

1. Khayyam H, Bab-Hadiashar A. Adaptive intelligent energy management system of plug-in hybrid electric vehicle / Khayyam H, Bab-Hadiashar A. – Energy, 2014.
2. Highly-resolved modeling of personal transportation energy consumption in the United States / Muratori M, Moran MJ, Serra E, Rizzoni G. – Energy, 2013.
3. Whyte, K. O Gallach oir BP. Modelling HGV freight transport energy demand in Ireland and the impacts of the property construction bubble / Whyte K, Daly HE. – Energy, 2013.
4. Zhao, H. Analysis of Class 8 truck technologies for their fuel savings and economics / Zhao H, Burke A, Miller M. // Transp Res. – Part D. – Transp Environ, 2013.

P.I. Smirnov, O.N. Pikalev
Vologda State University

MATHEMATICAL MODEL FOR PREDICTIVE CALCULATION OF CAR MAINTENANCE COSTS AND ITS IMPLEMENTATION IN MS EXCEL

The article describes the background to the need for assessment of the forecast values of the cost of maintenance support of equipment, including the development of methods of cars competitiveness estimation or the efficiency of their work. A mathematical model that takes into account the main technical characteristics and allows to obtain a predictive assessment of the quantities and nature of cash flows while in operation is presented. An example of implementing the received model and calculation algorithm in MS Excel are shown.

Satellite telematics control systems, road transport enterprises, databases, mathematical model, cost calculator, MS Excel.



ФОРМАЛИЗАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ СРЕДСТВАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ТЕОРИИ КАТЕГОРИЙ

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант №18-47-350001 р_а и грант №19-01-00103 А

Обсуждаются принципы формализации интеллектуальных информационно-телекоммуникационных систем (ИИТС), связанные с концепцией иерархического управления сетью связи. Определяются пространства поведения, эволюции и функторов в теоретико-категорной модели интеллектуального агента ИИТС.

Информационно-телекоммуникационные системы, модели интеллектуальных агентов, категории, морфизмы, функторы, пространство эволюции.

Интеллектуальные ИТС следует рассматривать как территориально-распределенные многоуровневые иерархические структуры технических средств и программного обеспечения, управляемые агентно-ориентированными системами (АОС), включающими множества интеллектуальных агентов (ИА). Функционирование ИИТС направлено на обеспечение работы информационных сервисов, удовлетворяющих критериям качества информационного обмена и взаимодействия [1].

На основе анализа функционирования ИИТС и исследований интеллектуальных агентно-ориентированных систем [2, 3], учитывающих свойства неполноты, нечеткости, стохастичности сложных распределенных сред, формулируются следующие принципы формализации ИИТС в нейро-нечеткой агентно-ориентированной парадигме:

1. Принцип увеличения нечеткости (неполноты) с ростом уровня интеллектуальной иерархии в ИИТС и соответствия степени нечеткости (неполноты) уровню интеллектуальной иерархии, устанавливающий, что на уровне непосредственного взаимодействия ИИТС с аппаратными компонентами инфокоммуникационной среды наблюдается минимально-допустимый уровень нечеткости (неполноты), ограничиваемый требованиями целостности ИИТС и функционального соответствия компонентов системы и моделей из поведения целям существования и функционирования ИИТС.

С ростом уровня интеллектуальной системной иерархии в ИИТС степень нечеткости (неполноты) может возрастать, обеспечивая вариативность развития системы, возможность принятия адекватных решений по управлению ИИТС и эволюции интеллектуальных моделей соответствующего уровня.

2. Принцип постоянного изучения ИИТС утверждает необходимость постоянного (в течение всего жизненного цикла ИИТС) исследования динамики состояний ИИТС, информационных потоков и качества обслуживания посредством моделирования, накопления данных и извлечение знаний в процессе функционирования ИИТС.

3. Принцип саморазвития и эволюции ИИТС требует учета эволюционных изменений в структуре и поведении компонентов системы, возможностей самосовершенствования ИА и возникновения новых организаций и сообществ ИА.

4. Принцип многоуровневой интеллектуальной организации ИА в ИИТС устанавливает требование адекватного отражения в моделях ИИТС существующей в изменчивой действительности интеллектуальной и организационной иерархии и создания агентов соответствующего интеллектуального уровня, распределяемых по слоям и уровням представления ИИТС.

5. Принцип обучения и самообучения агентов ИИТС на основе анализа и выявления знаний о состояниях и поведении компонентов системы и изменения требований пользователей постулирует возможность и необходимость создания моделей ИА, включающих механизмы обучения и самообучения, привлечения агентов управления процессами обучения в ИИТС.

6. Принцип множественности форм и ролей ИА в ИИТС, устанавливающий возможность использования ИА, построенных на базе различных формально-математических и архитектурных моделей, и изменения сценариев поведения, реализуемых в рамках выполняемых ролей агентов в результате процессов обучения и самообучения.

7. Принцип неопределенности («размытости») времени и состояний в ИИТС постулирует существование и функционирование компонентов ИИТС в присущих им индивидуальных потоках времени (темпорах), невозможность точного знания собственных времен и состояний всех компонентов ИИТС.

8. Принцип метаинтеллектуального моделирования компонентов ИИТС, предполагающий на основе принципов постоянного изучения и саморазвития и эволюции ИИТС формирование моделей новых нейро-нечетких ИА для их последующего воплощения на соответствующих уровнях управления ИИТС.



Рис. 1. Уровни управления в ИИТС

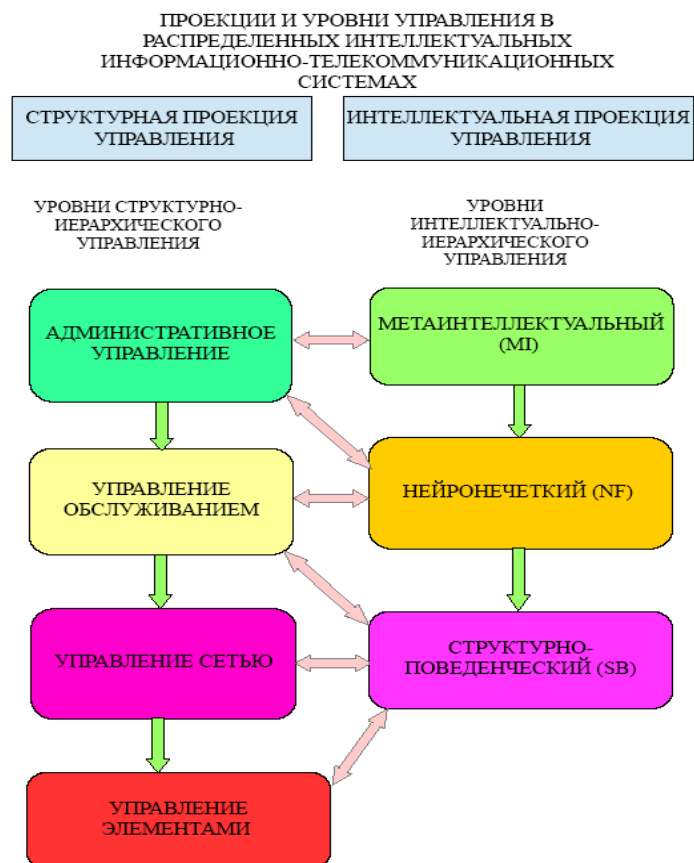


Рис. 2. Структурная и интеллектуальная проекции управления ИИТС

В соответствии с концепцией иерархического управления сетью связи в виде выделенной сети передачи данных TMN (Telecommunications Management Network) и идеологией OSS (Система поддержки функционирования предприятий связи) Международного союза по электросвязи (МСЭ/ ITU) в ИТС существуют следующие уровни иерархии: сетевых элементов (NE); управления элементами (NEM); управления сетью (NM); управление услугами (SM); административного управления (BM) (рис. 1).

Предлагается исследовать ИИТС как сложную систему, описываемую проекциями структурно-иерархического и интеллектуально-иерархического управления (рис. 2).

В интеллектуальной иерархии выделяются три уровня:

1. Структурно-поведенческий уровень (structural behavior level – SB), использующий концептуальные модели предметной области, представленные в традиционных формах представления знаний (логические исчисления, продукционные системы, семантические сети, фреймы, сценарии).

2. Нейро-нечеткий уровень (neuro-fuzzy level – NF), использующий нейро-нечеткие модели представления модельного пространства мира, реализующий методы динамического извлечения и накопления знаний на базе информации, предоставляемой структурно-поведенческим уровнем.

3. Метаинтеллектуальный уровень (meta-intellectual level – MI), использующий модели формирования нейро-нечетких моделей, предполагающие мета моделирование динамически порождаемых нейро-нечетких моделей второго уровня, их оценку и принятие решения о воплощении их в действующие нейро-нечеткие модели второго уровня обобщенной нейро-нечеткой архитектуры (ОННА).

На основании принципов формализации ИИТС построена модель базового интеллектуального агента (Fundamental Intelligent Agent – FIA), являющегося прототипом для интеллектуальных агентов структурно-поведенческого и нейро-нечеткого уровня и осуществляющего прием входных сообщений в обычном входном языке и нечетком входном языке, создание сообщений во внутреннем языке (рассуждения, рефлексия), который может быть как обычным, так и нечетким, и передачу во внешнюю среду точных и нечетких сообщений в соответствующих языках[4, 5].

Классификация множеств возможных видов FIA представлена на рисунке 3.

Интеллектуальный агент ИИТС описывается как кортеж: $FIA = \langle NB, A^o, G, BM \rangle$, где NB – идентификатор интеллектуального агента в ИИТС, A^o – множество атрибутов FIA, G – множество базовых агентов, подчиненных данному ИА, BM – модель поведения ИА.

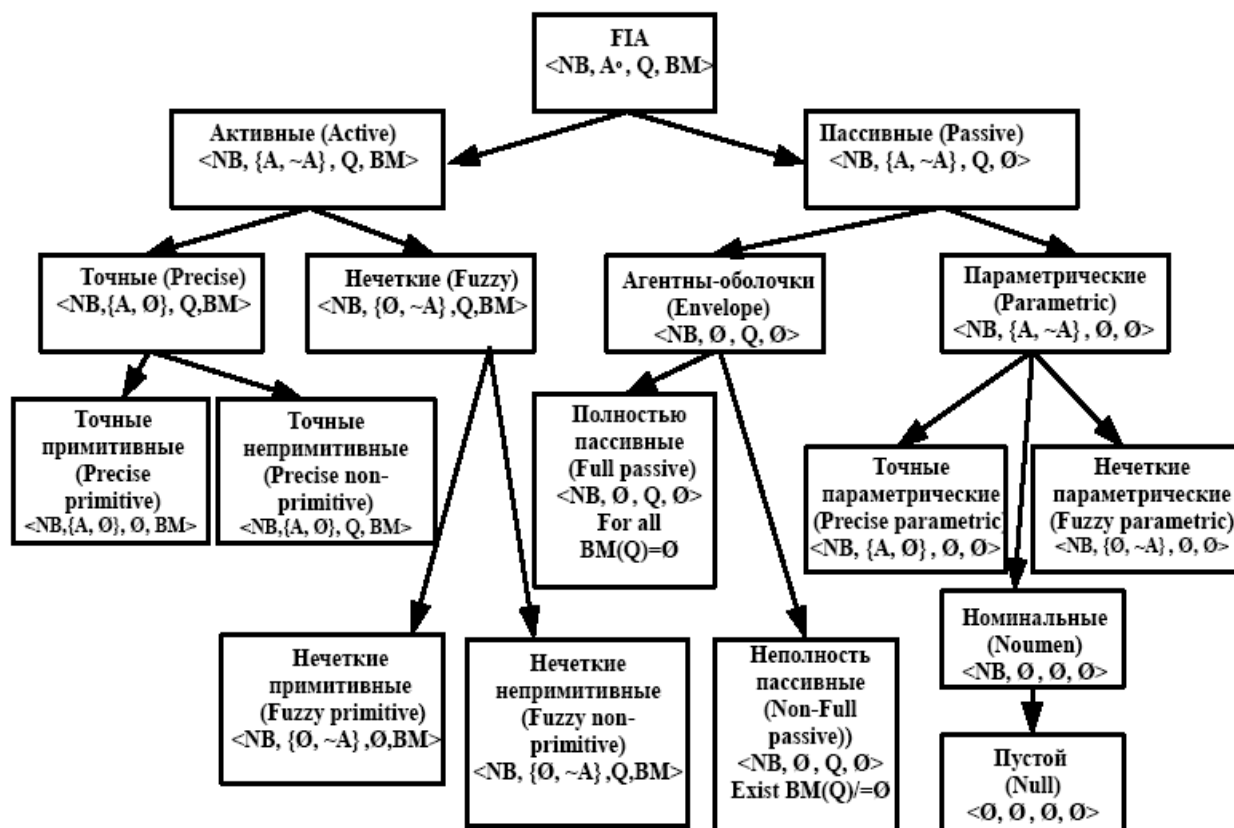


Рис. 3. Классификация интеллектуальных агентов по модели FIA

Модель поведения ИА определяется формальным исчислением в парадигме Э. Поста, и содержит следующие схемы правил вывода:

- 1) $\frac{R_i, p @ S_0 @ hA(0) @ q @ f}{p @ S_i @ hA(R_i) @ q, T_i @ f, F_i}$;
- 2) $\frac{R_i p @ S_0 @ hA(0) @ q @ f}{\nabla p @ S_i @ hA(R_i) @ q, T_i @ f, F_i}$;
- 3) $\frac{R_i p @ S_i @ hA @ q @ f}{p @ S_j @ hA(R_i) @ q, T_j @ f, F_j}$;
- 4) $\frac{R_i p @ S_i @ hA @ q @ f, F_i}{p @ S_j @ hA(R_i) @ q, T_j @ f}$;
- 5) $\frac{R_i p @ S_i @ hA @ q @ f}{\nabla p @ S_j @ hA(R_i) @ q, T_j @ f, F_j}$;
- 6) $\frac{R_i p @ S_i @ hA @ q @ f, F_i}{\nabla p @ S_j @ hA(R_i) @ q @ f}$;
- 7) $\frac{\nabla p @ S_i @ hA @ q @ f}{p @ S_j @ hA(R_i) @ q, T_j @ f, F_j}$;
- 8) $\frac{\nabla p @ S_i @ hA @ q @ f, F_i}{p @ S_j @ hA(S_i) @ q, T_j @ f}$;
- 9) $\frac{\nabla p @ S_i @ hA @ q @ f}{\nabla p @ S_j @ hA(S_i) @ q, T_j @ f, F_j}$;
- 10) $\frac{\nabla p @ S_i @ hA @ q @ f, F_i}{\nabla p @ S_j @ hA(S_i) @ q, T_j @ f}$;

где $\{R, \tilde{R}\}$ – множество принимаемых данным ИА сообщений во входных языках $L_{A_i}^{In}$ и $\tilde{L}_{A_i}^{In}$, $\{T, \tilde{T}\}$ – множество передаваемых ИА сообщений в выходных языках $L_{A_i}^{Out}$ и $\tilde{L}_{A_i}^{Out}$, p – последовательность входящих сообщений из множества $\{R, \tilde{R}\}$, q – последовательность выходящих сообщений из множества $\{T, \tilde{T}\}$, f – последовательность формул с предикатами Pr в исчислении предикатов и формул нечеткой логики, hA – список атрибутов базового агента $hA^o = \{hA, \tilde{hA}\}$.

Формально-математический аппарат теории категорий [6] позволяет исследовать модели ИА более высокого уровня абстракции, antecedentes и консеквенты продукционных правил рассматриваются как кортежи объектов соответствующих категорий. Для каждого сегмента продукции определяется собственная категория с соответствующим классом объектов категории и классом допустимых морфизмов.

Пространство поведения ИА, включающее возможные интерпретации для конкретных предметных областей, определяется структурой $\Pi = (\Omega, \Sigma, \Psi, \Theta, \Phi)$, где Ω – категория входящих сообщений, Σ – категория внутренних состояний ИА, Ψ – категория атрибутов ИА, Θ – категория выходящих сообщений, Φ – категория логических формул.

Для категории Ω класс объектов Ob_Ω есть множество $R = (r_i | i = 1, \dots, n; \emptyset, \nabla)$, где r_i – сообщение во входном языке L_{in} , \emptyset – символ пустого множества,

∇ – символ запрета. Класс морфизмов Hom_Ω включает «стирающий» морфизм $\alpha_\Omega : R \rightarrow \emptyset$ и «запрещающий» морфизм $\beta_\Omega : R \rightarrow \nabla$, в качестве единичного морфизма устанавливается $id_R : R \rightarrow R$.

Класс объектов Ob_Σ категории внутренних состояний Σ есть $S = (S_i | i = 1, \dots, m)$. Класс морфизмов Hom_Σ включает единственный морфизм $\alpha_\Sigma : S \rightarrow S$, который является и единичным морфизмом $id_S : S \rightarrow S$.

Класс объектов Ob_Ψ категории атрибутов Ψ , в первом приближении, рассматривается как список лингвистических переменных $H = (h_i | i = 1, \dots, l)$, где h_i – строка символов в заданном алфавите атрибутов ИА. Класс морфизмов Hom_Ψ включает единственный морфизм $\alpha_\Psi : H \rightarrow H$, который играет и роль единичного морфизма $id_H : H \rightarrow H$.

Категория Θ включает класс объектов Ob_Θ , которые являются сообщениями выходного языка L_{out} , который можно считать конечным языком $T = (t_i | i = 1, \dots, k, \emptyset)$, где t_i – конкретное предложение входного языка, включая и пустое предложение \emptyset . Тогда Hom_Θ содержит единственный морфизм $\alpha_\Theta : T \rightarrow T$, который играет роль единичного морфизма $id_T : T \rightarrow T$.

Категория логических формул Φ включает класс объектов Ob_Φ , которые являются правильно построенными логическими формулами исчисления высказываний или исчисления предикатов первого порядка $F = (f_i | i = 1, \dots, g, \emptyset)$. Класс морфизмов Hom_Φ содержит единственный морфизм $\alpha_\Phi : F \rightarrow F$, который играет роль единичного морфизма $id_F : F \rightarrow F$.

В пространстве поведения ИА выделяются состояния пространства $\hat{\Pi}_i$, определяемые конкретными комбинациями пар объектов и морфизмов в соответствующих категориях:

$$\hat{\Pi}_i = \langle (Ob_{i\Omega}, Hom_{i\Omega}), (Ob_{i\Sigma}, Hom_{i\Sigma}), (Ob_{i\Psi}, Hom_{i\Psi}), (Ob_{i\Theta}, Hom_{i\Theta}), (Ob_{i\Phi}, Hom_{i\Phi}) \rangle.$$

Множества объектов всех категорий являются перечислимыми множествами, индекс i в каждой категории может иметь собственное значение. В пространстве поведения конкретного ИА выделяются два подмножества: допустимых состояний $\hat{\Pi}_D$, в которых ИА может находиться в процессе своего функционирования, и недопустимых состояний $\hat{\Pi}_N$, в которых ИА не должен находиться.

Для изменения модели поведения ИА к категориям пространства $\Pi = (\Omega, \Sigma, \Psi, \Theta, \Phi)$ предлагается применять функторы, преобразующие исходные категории в новые, необходимые для решения задач целесообразного поведения ИА. Таким образом, совокупность возможных пространств поведения ИА следует определить как пространство эволюции E :

$E = \bigcup_{i=1}^n \Pi_i$ – при конечном числе возможных пространств поведения,

$E = \bigcup_{i=1}^{\infty} \Pi_i$ – при бесконечном числе возможных пространств поведения ИА.

Поскольку функторов, изменяющих пространство поведения ИА может быть несколько, то целесообразно рассматривать и пространство функторов $F = (F_{\Omega}, F_{\Sigma}, F_{\Psi}, F_{\Theta}, F_{\Phi})$, где $F_{\Omega} = (F_{j\Omega} | j = 1, \dots, m_{\Omega})$, $F_{\Sigma} = (F_{j\Sigma} | j = 1, \dots, m_{\Sigma})$, $F_{\Psi} = (F_{j\Psi} | j = 1, \dots, m_{\Psi})$, $F_{\Theta} = (F_{j\Theta} | j = 1, \dots, m_{\Theta})$, $F_{\Phi} = (F_{j\Phi} | j = 1, \dots, m_{\Phi})$.

Конкретное состояние пространства функторов можно определить как кортеж $\hat{F}_j = \langle F_{j\Omega}, F_{j\Sigma}, F_{j\Psi}, F_{j\Theta}, F_{j\Phi} \rangle$, индекс j может принимать различное значение в различных группах функторов.

Развитие теоретико-категорной формализации ИА с нечеткими и комбинированными правилами продукций, построение возможных траекторий поведения интеллектуальных агентов ИТС в пространствах E и F позволят исследовать модели компонентов эволюционирующих и саморазвивающихся информационно-телекоммуникационных систем на различных уровнях управления.

A.N. Shvetsov

Vologda State University

FORMALIZATION OF INTELLECTUAL INFORMATION-TELECOMMUNICATION SYSTEMS BY MEANS OF MATHEMATICAL TOOL OF THE CATEGORY THEORY

The principles of formalizing intelligent information and telecommunication systems (IITS) related to the concept of hierarchical management of a communication network are discussed. Spaces of behavior, evolution, and functors are determined in the category-theoretical model of the intellectual agent IITS.

Information and telecommunication systems, models of intelligent agents, categories, morphisms, functors, evolution space.

Литература

1. Перспективные технологии инфокоммуникационного взаимодействия / Н. А. Верзун, М. О. Колбаев, А. В. Омелян. – Санкт-Петербург : СПбГЭУ, 2017. – 76 с.
2. Суконщиков, А. А. Информационные сети и телекоммуникации / А. А. Суконщиков, Д. В. Кочкин. – Курск : Университетская книга, 2016. – 223 с.
3. Швецов, А. Н. Распределенные интеллектуальные информационные системы и среды : монография / А. Н. Швецов, А. А. Суконщиков, Д. В. Кочкин [и др.]. – Курск : Университетская книга, 2017. – 197 с.
4. Ситуационные интеллектуальные системы поддержки принятия решений : монография / А. Н. Швецов, А. А. Суконщиков, Д. В. Кочкин [и др.] ; под редакцией А. Н. Швецова и А. А. Суконщикова. – Курск : Университетская книга, 2018. – 251 с.
5. Shvetsov, A. Models of neuro-fuzzy agents in intelligent environments / Anatoliy Shvetsov // Procedia Computer Science. – 2017. – 103. – P. 135 – 141.
6. Маклейн, С. Категории для работающего математика : перевод с английского / С. Маклейн ; под редакцией В. А. Артамонова. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 352 с.



*А.Д. Булат¹, В.М. Филенков²,
В.А. Обрубов², Н.Л. Бобков¹,
О.В. Литовченко¹*

¹ООО НПК «АкваПротех»

*²Тольяттинский филиал РАНХиГС
при Президенте РФ*

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ПРИРОДНЫХ СВОЙСТВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ

Представлены возможности заимствования метеорологических факторов обеззараживания биосферы в природоподобные технологии посредством применения поэтапного планирования. Предпринята попытка формулировки задачи в форме ситуационной структурно-схематической карты реализации проекта заимствования.

Метеорологические факторы, биосфера, заимствование природных технологий, обеззараживание воды.

На 70-ой Юбилейной Генеральной Ассамблее ООН Президентом Российской Федерации В.В. Путиным отмечена актуальность природоподобных технологий как средства гармонизации техносферы и биосферы.

С момента образования Земли идет круговорот веществ в природе, процессы перехода химических соединений и элементов из одного состояния в другое человеку не всегда под силу понять. Для чего это нужно? И как это протекает? Природой доказано, что ничего не происходит просто так: преследуется одна цель – гармонизация развития планеты.

Природе изначально свойственна гениальность простоты сущности. Человеку сложно познать, что рациональности и экономичности есть закономерность сосуществования ее аспектов. Пуанкаре обреченно констатировал, что «полная конспирация – фундаментальный закон природы» [1].

Инновационный подход к науке и технологиям, понимание природного порядка и сосуществование в гармонии с ним должны быть целью науки и отвечать на вопросы «почему?» и «зачем?».

В современной академической науке воздействие исследований с выводами на зарождение технологий завтрашнего дня практически не наблюдается; параллельно расцветает генерация незнакомых инновационных исследований.

В процессе разработки новых направлений экологизации процессов производства, исходя из опыта заимствования и наблюдений за природными технологиями, можно сказать, что имеются возможности разрабатывать и внедрять технологии, которые не наносят урон окружающему миру, а существуют с ним в гармонии, позволяют восстановить нарушенный человеком баланс между биосферой и техносферой.

Нами на НПК «АкваПротех» проведен анализ аспектов самоочистки биосферы посредством такого атмосферного явления, как грозовая деятельность. Грозу как явление природы замечает даже самый ненаблюдательный человек. Ее опасные воздействия широко известны, но о полезных последствиях такого

действия знают меньше, хотя они играют существенную роль. Грозовая деятельность как действующая технология очистки и обеззараживания воздушно-водного бассейна планеты (после грозы воздух чист, насыщен ионами, земля пропитана водой с рН, близкой к нейтральной) подсказывает возможности технической реализации процесса очистки водовоздушных смесей на Земле. Метеорологический обзор физической сущности процессов грозового действия в атмосфере как фактора очистки и обеззараживания воздушно-водного бассейна свидетельствует о синергетическом воздействии ряда параллельных физико-химических процессов (ФХП), дающих стабильный эффект самоочистки биосферы [2].

Вся человеческая цивилизация – история заимствований у природы. При постановке задачи (разработка проекта обеззараживания по аналогии с механизмами обеззараживания биосферы на этапах грозовой деятельности путем их заимствования) необходимо выявить определяющие факторы воздействия грозы. На базе полученных знаний о природных технологиях обеззараживания и самоочищении биосферы выполнение разработки новой электромеханической природоподобной системы даст возможность перехода к природоподобной экономике [3].

На завершающем этапе обеззараживания ставится задача по соответствию воды параметрам рН.

Из-за ограниченности объема публикации внимание акцентировано на процессе заимствования природных технологий. Остановимся на формировании характеристик кислотности дождя. Они обращают внимание на то, что при выпадении нормального дождя процессы жизнедеятельности в биосфере не нарушаются, следовательно, на заключительном этапе в системе обеззараживания воды данный процесс возможно заимствовать у природы [4].

На примере процесса непосредственного выпадения осадков (движение капли дождя интересно множественностью воздействующих факторов) проследим возможные физико-химические процессы, участвующие в регулировании рН дождевой воды.

Эра высоких технологий дает возможность заимствовать у природы не только материальные ресурсы, но и наработки миллиардов лет эволюции. Задача заимствования требует особых подходов, отвечающих принципам системности и комплексности. Применяя поэтапное планирование, принята попытка формулировки задачи в форме опорных план-конспектов реализации проекта заимствования метеорологических факторов обеззараживания биосферы в природоподобные технологии. План проекта представлен в таблице.

Доминирование в научном мире системного подхода привело к чрезмерной систематизации, когда представление динамики сложных явлений затруднено. Комплексный же подход может включать несколько систем, что дает возможность ведения систематических наблюдений.

Созданная система может влиять на обстоятельства, воздействующие на остальную часть комплекса, тогда как комплексный подход – это «структурирование анализа», а «анализ» предполагает дифференцирование проблемы. Комплексный подход обеспечивает глубокое решение проблем, позволяет разбивать существующую проблему на составляющие элементы для понимания и решения вопроса в соответствии со структурой плана заимствования на каждом этапе, не смешивая их, а строго сверяясь со структурно-логической схемой (алгоритмом) плана реализации (табл.) [5].

Существующий ряд видов заимствования механизмов природных технологий позволяет рассматривать грозовую деятельность как аспект обеззараживания биосферы. Исходя из основных видов заимствования природных технологий (традиционный, принципиальный, идентификационный, комбинационный, гибридный, гибридный [6]), доказано, что природные технологии использовать можно, и они имеют значимость в будущем развитии науки. Использование природных технологий значительно приближает время новых изобретений и открытий.

Фундаментальную роль в этом процессе играет физическая картина мира. Время не стоит на месте, а требует всё более смелых решений, достижений совершенствования технологий и создания выгодных и практичных приборов. Всем этим ныне владеет наука. Мы можем считать, что богатая информационными ресурсами природа нам поможет.

Живая природа познаваема, и, если в качестве главных критериев создания и использования технологий заложить природные процессы, это станет основой разработки и внедрения природоподобных технологий. Формирование инновационных научно-технологических решений в интересах национальной экономики, базирующихся на принципах природоподобных технологий, нацелено на перевод техносферы из органичных природе принципов действия в высокоэффективные.

Однако природоподобные технологии, давая человеку шанс достичь гармонизации между техносферой и биосферой, подразумевают рождение принципиально новых глобальных угроз и выводов. Ярким примером может служить тот же «Коронавирус SARS-CoV-2», даже отдельные дискуссии о его происхождении уже наглядно свидетельствуют о непредсказуемости последствий выхода искусственных живых систем в окружающую среду.

Взяв на вооружение подсмотренные у природы принципы организации, свойства, функции и структуры как основу для разработки решений по созданию инновационных технологий, необходимо также осуществить радикальную трансформацию сознания самого человека как социального существа. Тогда с учетом сложности взаимоотношений технологических факторов и биосферы, не противоречащих фундаментальным законам и эволюционной парадигме, исходя из закона ограниченности ресурсов на базе интегрированной междисциплинарной науки, можно обеспечить перенос технологических успехов цивилизации в гуманитарную среду.

Таблица

План проекта заимствования метеорологических факторов по гибридируемому виду при выпадении осадков

Этап	Содержание		
1	Таблица 1. План проекта заимствования метеорологических факторов по гибридируемому виду при выпадении осадков		
2	Таблица 2. Сочетание метеорологических факторов воздействия на дождевую каплю (этап выпадение осадков) (Представления) Таблица 3. Механизмы воздействия на микроорганизмы и воду (их характеристика представлена ситуационной картой)		
3	Таблица 4. Представление аналогового моделирования воздействующих факторов обеззараживания с механизмами заимствования		
4	Рисунок 2. Электрическая схема устройства обработки воды в режиме вихре-волнового и структурного резонанса		Воздействие характеризуется процессом радиолиза воды, интенсификацией и активацией ФХП
5	Направления использования: экология (природопользование), материаловедение, химия и нефтехимия, стройиндустрия, лесотехническая, сельскохозяйственная, пищевая, метрология, и др.	Активация. Монография	Диспергация. А.С. патент
		Структурирование патент	
		Препринт, журналы, конференции, семинары, круглые столы. Диссертационные работы соответствующей тематики учеников канд. техн. наук, доцента А.Д. Булата (Абалакин, Вихлянцева, Данилова, Горобец, Сошинов)	

Несмотря на относительную простоту технической реализации самой технологии, всё же реальная физика и энергетика процессов при реализации этого эффекта в реальных условиях требует системного подхода как на стадии опытного промышленного образца, так и в период отработки режимов уровня обеззараживания. Проект заимствования метеорологических факторов сам по себе требует скрупулезной тщательной подготовительной работы и верификационных исследований как на уровне поисковых, так и постановочных экспериментов. Кроме того, требуется комплекс мероприятий трансфера предложенной технологии.

Литература

1. Попов, Б. М. Метафизика природоподобных технологий / Попов Б. М. – Воронеж : Кварта, 2019. – 60 с.
2. Agentless water disinfection by electrophysical method / Bulat A. D., Filenkov V. M., Seleznev V. A., Lushkin I. A. // Materials Science Forum. – 2018. – Vol. 931. – P. 1001–1004.
3. Эффекты атмосферного электричества в технологии обеззараживания / Булат А. Д., Филенков В. М., Обрубков В. А. [и др.] // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2020. – № 1 (7) – С. 52–56.
4. Измайлова, Л. Дождь – это природное явление / Л. Измайлова. – 2017. – URL: <https://www.syl.ru/article/321714/dojd---eto-prirodnoe-yavlenie-kak-obrazuetsya-kaplya-dojdya-krugovorot-vodyi-v-prirode-shema> (дата обращения: 4.06.2020). – Текст : электронный.
5. Гарич, В. Комплексный подход / В. Гарич. – 2018. – URL: <https://fb.ru/article/452139/kompleksnyu-podhod-eto-opredelenie-sistema-analiz> (дата обращения: 10.06.2020). – Текст : электронный.
6. Горяинов, В. Использование технологий, заимствованных из природы / В. Горяинов. – 2018. – URL: <https://nsportal.ru/ap/library/nauchno-tekhnicheskoe-tvorchestvo/2018/03/11/tehnologii-zaimstvovannye-iz-prirody> (дата обращения: 15.06.2020). – Текст : электронный.

A.D. Bulat¹, V.M. Filenkov², V.A. Obrubov², N.L. Bobkov¹, O.V. Litovchenko¹

¹ scientific-production company Aquaprotect LLC Krasnodar;

²Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Togliatti branch, Togliatti

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITIES TO USE NATURAL PROPERTIES IN WATER DISINFECTION TECHNOLOGIES

Possibilities of borrowing meteorological factors for disinfecting the biosphere into nature-like technologies with the use of phased planning are presented. An attempt to formulate the problem in the form of a situational structural schematic map of the implementation of the borrowing project is made. Natural technologies give an acceleration for new inventions and discoveries that will not make you wait for something new from science, but will open the unprecedented wealth of life around a person. The fundamental role in the process of borrowing natural technologies is played by the physical picture of the world, when a single picture is made up of interconnected mechanical, field, statistical and quantum concepts.

Meteorological factors, biosphere, borrowing of natural technologies, water disinfection.



*А.Д. Булат¹, В.М. Филенков²,
Н.Л. Бобков¹, В.А. Обрубов²,
О.В. Литовченко¹*

¹ООО НПК «АкваПротех»

*²Тольяттинский филиал РАНХиГС
при Президенте РФ*

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ПРОЕКТЕ ЗАИМСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗ ПРИРОДЫ

Рассматриваются основные методологические подходы в проекте использования естественных природных свойств для обеззараживания воды. Посредством применения поэтапного планирования предпринята попытка формулировки задачи в форме ситуационной структурно-схематической карты реализации проекта заимствования. Представлены структурно-схематические карты взаимодействия капли дождя с атмосферой и механизмов воздействия атмосферы на микроорганизмы. На базе метафизической концепции природоподобных технологий получено конструктивное представление реализации синергетического эффекта обеззараживания жидкостей посредством приемов, материалов и устройств, которые обеспечивают выполнение заданных функциональных признаков установки.

Метеорологические факторы, биосфера, заимствование природных технологий, очистка и обеззараживание воды.

В современном мире рост динамики истощения доступных природных ресурсов планеты – это вызов человечеству. Выход из создавшейся кризисной ситуации экономического развития – рациональное соотношение между уровнем потребления, развитием производства и экологическими факторами. Проблема современной академической науки состоит в том, что действенность исследований с выходами на зарождение технологий завтрашнего дня практически не наблюдается. При этом изобретения человечества всего лишь плагиат у природы. Убеждаясь в совершенстве природных технологий, отшлифованных цивилизационным развитием, необходимо более целенаправленно стремиться к их заимствованию. Кроме того, научные исследования, теоретические обоснования открытия требуют значительных временных, материальных и социальных ресурсов, в то время как устройство, построенное на основе заимствования механизмов живой природы, не требует полного научного обоснования и описания. Человек учится у природы – подглядывает за «идеями», возникшими в ходе эволюции, и заимствует их, применяя в технике, архитектуре, производстве, медицине и других отраслях.

Так, рассматривая грозовую деятельность как действующую технологию очистки и обеззараживания воздушно-водного бассейна Земли, можно увидеть возможности технической реализации процесса очистки водо-воздушных смесей [1]. Исходя из основных видов заимствования природных технологий (таких как: традиционное, принципиальное, идентификационное, комбинационное, гибридное), пользуясь методологическим подходом, остановимся на гибридном виде в виду того, что метеорологическое воздействие поэтапное и функционирование воздействующих факторов обладает синергетическим эффектом. Попробуем продемонстрировать на дождевой капле процесс вычленения и аргументации факторов, механизмы воздействия и взаимодействия их представления, аналоговое и физическое модели-

рование на принципах подобия и аналогий. Отследим представления взаимодействия метеорологических факторов с дождевой каплей в процессе ее полета от облака до поверхности земли с оценкой эффективности воздействующих факторов и механизмов взаимодействия с водовоздушной смесью.

Основываясь на многофакторности зафиксированного процесса обеззараживания водовоздушной смеси атмосферы в период грозовой деятельности, можно предположить, что аналогично и эффективное заимствование может пройти на совмещении факторов воздействия по гибридизированному виду, поэтапно.

На первом (подготовительном) этапе на основе изучения проблемы разрабатывается поэтапное представление плана проекта заимствования, что будет способствовать реализации комплексного подхода к разработке проекта заимствования природной технологии. Согласно анализу видов «заимствования» технологий из природы живого мира применен гибридный метод как сочетание факторов воздействия периодов грозообразования на биосферу с эффектами обеззараживания.

Второй этап (описательный) – конкретный этап грозы; выполняется сравнение и описание воздействующих на микроорганизмы факторов и характеристик воды (рН и КН). Водородный потенциал (рН) и карбонатная жесткость (КН) взаимосвязаны между собой, и потому будет логичным рассмотреть их совместно. Чем выше содержание гидрокарбоната в воде, тем выше, а самое главное, стабильнее, значение рН.

Сравнение и описание эффектов явлений взаимодействия грозы и биосферы на протяжении всех периодов грозообразования (момент зарождения кучевого облака, гроза и выпадение осадков) свидетельствует об уникальности и эффективности воздействия. Используя предложенный методологический подход в соответствии с планом проекта заимствования факторов обеззараживания при выпадении осадков, отобразим

ситуационной структурно-схематической картой представления взаимодействий капли дождя с атмосферой (табл. 1). В ней наглядно продемонстрировано, что зарождение капли, ее развитие, абсорбция и адсорбция ею взвешенных и летучих примесей, ее электризация и поляризация в электрическом поле, схлопывание и трансформация ее энергии протекают в атмосфере, посредством чего осуществляется влияние на биосферу.

Внимательно изучив особенности воздействия атмосферы, взвешенных примесей, электрических и магнитных полей, поверхности выпадения осадков, выявляя уникальность и действенность каждого из факторов, можно проанализировать сводные данные таблицы 1.

Оценив сочетание воздействующих факторов, проанализировав особенности их взаимодействия с биосферой и состояние микроорганизмов под воздействием атмосферных факторов, мы можем судить об их лизисе и инактивации. Кроме того, это дает воз-

можность обоснования факторов влияния на характеристики рН дождевой воды и ее жесткости.

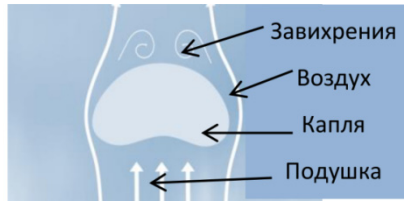
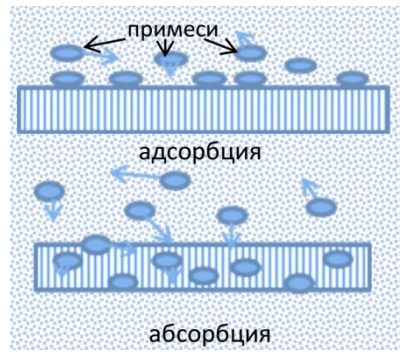
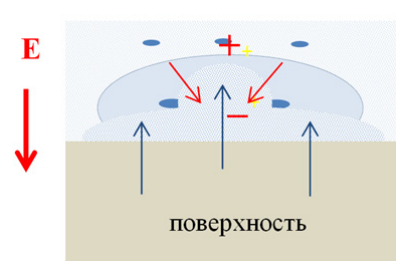

В наличии целый спектр эффективных факторов воздействия, которые должны быть непременно перенесены в соответствующие технологические устройства. Тогда предлагаем прототипы видов воздействий реализовывать поэтапно, дополняя и объясняя общий принцип работы того или иного воздействующего фактора.

Механизмы воздействия на микроорганизмы и воду и их характеристика представлены ситуационной картой (табл. 2).

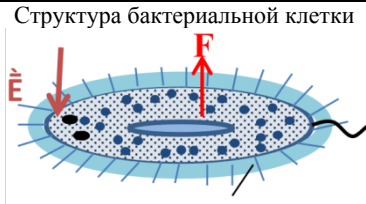
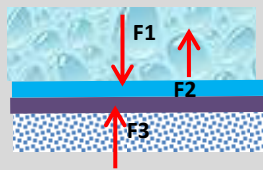
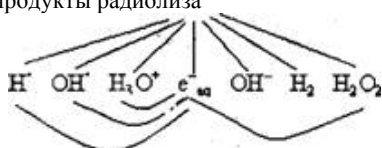
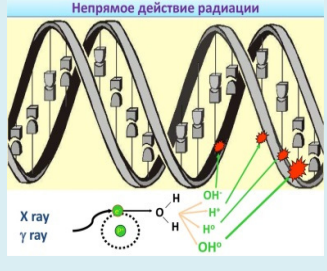
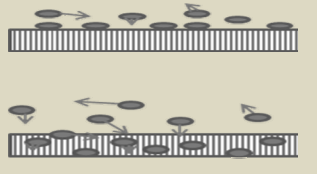

Сгруппированный и проанализированный материал, представленный в форме опорного планконспекта (табл. 1, 3) отображает логические операции и обеспечивает возможности формирования высказывания и написания технического задания на проект технологии.

Таблица 1

Структурно-схематическая карта представлений взаимодействий капли дождя с атмосферой

Характер воздействия	Факторы взаимодействия	Результат воздействия	Параметры факторов	Аналоговое моделирование (Поэтапное представление механизмов взаимодействия капли)
Капля дождя (выпадение осадков).	Сдавливание, истончение капли, ее электризация, разрушение и слияние.	Отдача капель энергии в атмосферу посредством трения о воздух.	Давление воздуха и поверхностное натяжение капли.	
Воздушные течения газов. Влияние примеси на устойчивость кластеров воды.	Кавитация. Воздух тоньше любых материалов «режет» жидкость и создает устойчивые микропузыри. Абсорбция, адсорбция.	Скажется на кислотности капли. Рост активной поверхности.	Состав и концентрация примесей.	
Воздействие электрического и магнитного полей.	Поляризации кластеров и диполей воды, соотношение сил поверхностного натяжения, пондемоторными силами поля; кавитация.	Нарушение баланса сил дипольно-кластерной структуры воды приведет к ее разрушению.	Уровень напряженности электрического и магнитных полей.	
Активная поверхность приема дождя. Влияние поверхности.	Отдача энергии в форме ударной волны, по сути, поверхностная кавитация.	Выбивание ионов минералов с поверхности (реактивная струя), их взаимодействие с водой – изменение рН, лизис микроорганизмов.	Высвобождение кинетической энергии (тепловая, реактивная) посредством взрыва капли.	

Ситуационная карта механизмов воздействия на микроорганизмы и воду, их характеристика

Процесс	Пример	Результат	Модель воздействия
Действие сил электрического поля, развитие пьезомоторных сил на границе раздела сред.	Структура бактериальной клетки 	Лизис и инактивация клетки. Поляризация воды и изменение ее pH.	Нарушение целостности клетки  Разрушения мембраны и стенки клетки
Коронный разряд.	Разложение воды на продукты радиолиза  - разложение химических соединений, образуются свободные радикалы и отдельные нейтральные молекулы; - озонирование.	α , β , γ -излучение. Поражение ДНК. Изменение pH воды.	Непрямое действие радиации 
Кавитация, схлопывание пузырька газа (капли).	Разрушение капли (фильтр разбрызгиватель). Адсорбция, Абсорбция.	Очистка, изменение pH воды.	
Разрушение поверхностного слоя от взрыва капли.	Выброс минералов грунта и их взаимодействие с водой в результате взрыва капли у поверхности.	Изменение жесткости воды.	

Третий этап (конструктивный). Каждое событие представляет собой событийную множественность и совершается вне нас как свидетелей-наблюдателей, но через нас и нами как воспринимающими. Проведем конспективно-тезисное представление аналогового моделирования воздействующих факторов обеззараживания с переходом в физическую модель. Результаты представлены в таблице 2.

Исходя из теории аналогии, при аналоговом и физическом моделировании воспользуемся теорией подобия, в которой основным является сходство объектов по их качественным и количественным признакам [2] и методом научного поиска, когда пояснение изучаемого явления (грозы) посредством сопоставления его с известным наглядным событием (этапом выпадения осадков) соответствует аналогии отождествления взаимодействий капли дождя.


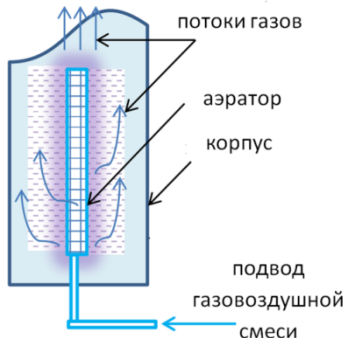
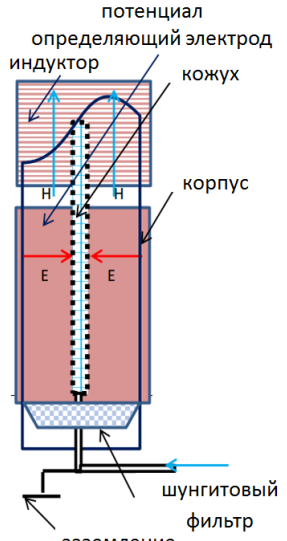
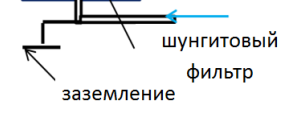
Выявляя недостатки и эффективность воздействующих факторов, их координационно-временное действие, необходимо создать такие конструкции, которые бы устранили недостатки и усилили воздействия, совместить уникальности каждого фактора обеззараживания и очистки в одном устройстве с си-

нергетическим воздействием в блоке воспроизводства действия, когда обрабатываемая среда выступает в роли рабочего органа и материала. Решение поставленной задачи, требующей как применения стандартизированных материалов и изделий, так и использования технологических приемов реализации синергетики, обеспечит универсальность и рациональность разработки.

Остановимся на поставленной задаче – изменение pH. Основываясь на анализе сводных данных, используя представления взаимодействий капли дождя с атмосферой, включая метод аналогий, проведем подбор технических систем на основе подобия процессов в атмосфере и в устройствах, генерирующих подобные процессы, способные повторить механизмы разрушения капель.

Пользуясь принципами конструирования, учитывая, что основные его этапы проходят в поисках аналогов модели с ее увязкой механики и управления, расчетами, патентными исследованиями, экономическим расчетом, и т. п., создание принципиально нового устройства (комплекса) начинается с четкого **формулирования функциональных признаков.**

Представление аналогового моделирования воздействующих факторов обеззараживания, механизмы их заимствования

Реализуемый механизм факторов воздействия	Аналоговое моделирование (фрагментарное представление устройства)	Результат воздействия
<p>Воспроизведение механизма организации выпадения осадков. Воронка дает эффект ниспадающего вихря, вода попадает на фильтр мраморной крошки и выходит по всей площади фильтрующей поверхности на восходящий газозвдушной поток, образуется водовоздушная смесь (дождь).</p>		<p>Используя мраморную крошку в качестве природного фильтра воды, удастся устранить:</p> <ul style="list-style-type: none"> - химические загрязнения; - пестициды; - нитраты; - биологические примеси; - посторонние частицы. <p>Мрамор – это соли кальция. Таким образом, применяя мраморную крошку, можно изменить карбонатную жесткость.</p>
<p>Воспроизведение механизма организации восходящего потока газов и эффекта. Вертикальный трубчатый аэратор, запитанный с разрядной камеры второго блока (+ продукты коронного разряда и озон) в металлическом сетчатом экране для организации генерации электрических и магнитных полей.</p>		<p>В результате столкновения дождевого потока с воздушным подпором аэрата водные капли (кластеры) будут испытывать тормозной эффект, разрушаясь, истончаясь, электризуясь, за счет воздушного потока водовоздушная смесь стремится к периферии, продукты коронного разряда (Н, ОН, О₃ и ряд других радикалов) насыщают воду, обеззараживают ее и воздействуют на рН воды, плюс добавляется эффект Ранка-Хилша – разделение воздушного и водяного потока с отводом газов посредством газосборника.</p>
<p>Воспроизведение генерации скрещенных электрических и магнитных полей. Индуктор с обкладкой по схеме Роговского, запитанный через коронатор второго блока. Выбранная схема позволяет значительно в импульсе поднять уровень магнитной напряженности поля без дополнительных затрат.</p>		<p>Электрические поля не требуют мощных источников генерации, но при этом способны разрушать как органические, так и неорганические материалы, субстанции и микроорганизмы. Поляризация диполей под действием напряженностей электрического и магнитного поля (Е и Н) структурирует воду и способствует разрушению кластеров и диполей воды, в результате вода насыщается ионами Н и ОН, и происходит изменение рН воды.</p>
<p>Воспроизводство активной поверхности. Фильтр шунгитовый как материал с высокоактивной поверхностью и множеством минералов. Эффективность использования шунгита объясняется высоким спектром свойств (сорбционные, каталитические, восстановительные, бактерицидные, электропроводные), высокой экологичностью, невысокой стоимостью материалов и технологий его получения и обработки, наличием обширной отечественной сырьевой базы, способствующей более широкому освоению шунгита и материалов на его основе.</p>	 <p>Кроме углерода в состав шунгита входят также SiO₂ (57,0%), TiO₂ (0,2%), Al₂O₃ (4,0%), FeO (2,5%), MgO (1,2%), K₂O(1,5%), S (1,2%).</p>	<p>Взрыв капли воды у поверхности активизирует ее, и насыщение воды минералами возрастает.</p> <p>Ценные свойства шунгитовых пород – сорбционные, бактерицидные, каталитические, восстановительные – способствуют их использованию в водообработке для очистки сточных вод от многих неорганических и органических веществ (тяжелые металлы, аммиак, нефтепродукты, пестициды, фенолы, поверхностно-активные вещества и др.). Кроме того, шунгит является эффективным сорбентом для очистки водопроводной воды от хлора и хлорорганических веществ (диоксинов, радикалов), обладает бактерицидными свойствами по отношению к патогенной микрофлоре в воде.</p>

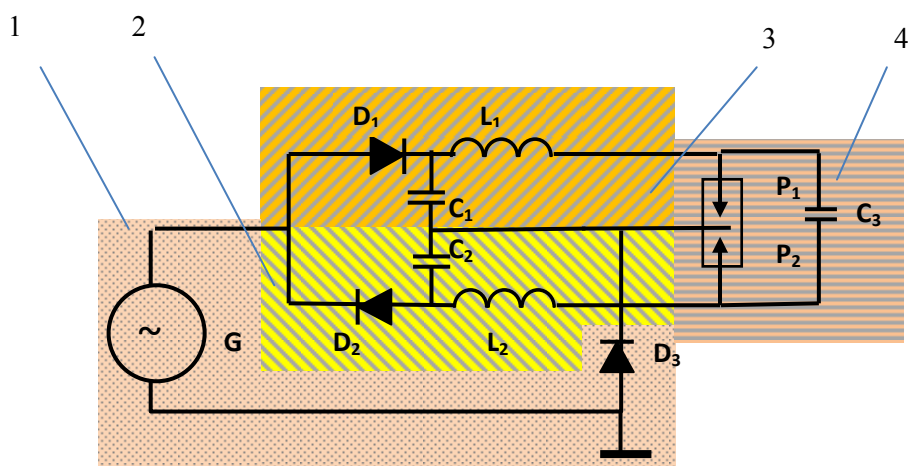


Рис. 1. Электрическая схема устройства обработки воды в режиме вихре-волнового и структурного резонанса:
 1 – блок питания и управления; 2 – блок продуцирования скрещенных электромагнитных полей с реализацией эффекта Ранке;
 3 – блок продуцирования скрещенных электромагнитных полей с реализацией эффекта гидродинамической воронки Шаубергера;
 4 – блок обработки воды скользящим коронным разрядом

Использование метеорологических эффектов воздействия на биосферу в соответствии с принципами заимствования позволило предложить технологию, обладающую внутрисистемным эффектом организации обеззараживания заданной эффективности.

На базе метафизической концепции природоподобных технологий, нам удалось получить конструктивное представление реализации синергетического эффекта обеззараживания жидкостей посредством приемов, материалов и устройств, которые обеспечивают выполнение заданных функциональных признаков установки (табл. 2).

Особенность трансформации воздействующих природных факторов в конструкциях устройств обеззараживания заключается в том, что лизис и инактивация микробиологических субстанций протекает при синергетическом действии нескольких факторов. Решение возможности организовать такое воздействие даст конструкторская работа, которая будет основана на комплексном использовании методов стандартизации, методов экономики конструирования и экологической безопасности на базе природных эффектов обеззараживания и очистки биосферы.

Ниспадающий поток попадает в приемную воронку, где процессы организованы по аналогу воронки Шаубергера. При этом накладываются эффекты действия, характерные для технологических аспектов обеззараживания, что связано с особенностью воспроизведения механизма организации выпадения осадков, механизма организации газовоздушных потоков, механизма генерации скрещенных электрических и магнитных полей, воспроизводство аналога активной поверхности (табл. 3).

Предложенный подход сочетания обработки воды с применением электро-полевой, вихревой и кавитационных технологий с дегазационными эффектами в одном простом устройстве позволяет устранить основные недостатки известных устройств по обеззараживанию (низкая эффективность, высокая энергоемкость, химреагенты, эксплуатационные расходы).

Конструирование устройства при таком подходе позволяет использовать стандартизованные аппараты, материалы и изделия, что обеспечивает его универсальность и рациональность разработки.

Четвертый этап (преобразовательный). Ранее предложенная структура [3] и схемные решения устройств с новыми возможностями обеззараживания блочного типа не в полной мере отождествляют завершающий этап очистки.

На базе трех блоков обработки собрана лабораторная установка обеззараживания. Этапы обеззараживания соответствуют блокам, завязанным в единую технологическую систему (рис. 1). Такой подход позволяет реализовать обработку воды в режиме вихре-волнового и структурного резонанса [4], обеспечивая таким образом минимизацию энергозатрат системы обеззараживания при независимости работы устройства от уровня загрязнения воды.

На данном этапе основное внимание уделяется диспергации пузырьков озono-воздушной смеси, тем самым повышается активная поверхность пузырьков для контакта и осуществления эффективного окисления.

Построенная по заимствованию факторов грозообразования система дополняется и уточняется конкретно по третьему блоку. Более пристально рассматривается то, что придумано на предыдущем этапе (как будет осуществляться генерация воздействующих факторов в устройстве и каким образом будет вестись обработка воды, подлежащей обеззараживанию). Осуществляется отработка режимов работы устройства. Ведется корректировка возможностей устройства и режима его работы по «выравниванию» отклонения получаемого эффекта от уровня воздействия.

Исходя из широких возможностей применения предлагаемой природоподобной технологии (как практически во всех областях экономики, так и в производственных операционных мощностях) есть смысл рассмотрения данных инноваций как инноваций широкого применения.

Пятый этап (заключительный). Приводятся перспективы разработки устройства нового типа видения и возможные области применения всех представленных в проекте разработок.

Высокая заинтересованность в экономически выгодных проектах раньше определялась спросом и предложением исключительно сегодняшнего дня, однако в современном мире инновациями и предпринимательством уже формируются потребности на средне- и долгосрочную перспективу.

Заметим, что авторами с целью подтверждения выдвинутой гипотезы природоподобной технологии обеззараживания по подобию грозовой деятельности в атмосфере был проведен ряд работ и постановочных экспериментов в других областях производств и с другими материалами. Верификационные работы на предмет «есть эффект – нет эффекта» связаны прежде всего с активацией БФХП (био-физико-химические процессы) при обработке субстратов. Работы проводились с оценкой действенности факторов грозовой деятельности предлагаемого технологического воздействия на органические и неорганические системы и организмы в ряде областей экономики, а именно: экологии (природопользовании), материаловедении, химии и нефтехимии, стройиндустрии, лесотехнической, сельскохозяйственной, пищевой, метрологии (список не окончательный, исследования продолжают). Результаты проверок и достижение положительных эффектов активации БФХП в большей или меньшей мере отражены и зафиксированы в периодической печати, авторских свидетельствах и патентах, представлены на конференциях и семинарах.

Важно отметить, что в результате выполненных исследований теоретически и экспериментально доказана высокая эффективность воздействия на кинетику образования и разрушения органических и неорганических материалов, а сами результаты испытаний свидетельствуют о правомочности разработки методологии и механизма взаимодействия факторов воздействия грозовой деятельности с вещественной средой. Трансформация метеорологических факторов обеззараживания биосферы в технологические устройства, выполняющие функции обеззараживания воды, придает такой технологии оригинальность, гар-

моничность и рациональность с позиций воспроизводства природной гармонии.

Разработки, обозначенные выше, служат доказательством того, что из природы полезно не только заимствовать какие-то технологии, но и «смешивать» их между собой. Просматриваются инновации способные стать новыми технологиями широкого применения, которые могут запустить Шумпетерианский цикл экономического развития страны, региона. Согласно теории экономического роста, устойчивый рост связывается, прежде всего, с эндогенным характером технологического прогресса, что дает возможность взрывного технологического прорыва [5].

Технологический прорыв в экономическом развитии посредством инновационных технологий – это рождение новой области хозяйствования – разработки и тиражирования природоподобных технологий.

Литература

1. Электротехнологические аспекты инновации в ресурсообороте биосферы / А. Д. Булат, Н. Л. Бобков, В. М. Филенков [и др.] // Актуальные вопросы теории и практики развития научных исследований. – Уфа : OMEGA SCIENCE, 24.12.2019. – С. 145–151.
2. Веников, В. А. Теория подобия и моделирования (применительно к задачам электроэнергетики) : учебное пособие / В. А. Веников. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 1976. – 479 с.
3. Эффекты атмосферного электричества в технологии обеззараживания / А. Д. Булат, В. М. Филенков, В. А. Обрубов [и др.] // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2020 – № 1 (7), С. 52–55.
4. Басин, М. А. Вихре-волновой резонанс / М. А. Басин // Синергетика и методы науки. Труды семинара / [ответственный редактор М.А. Басин]. – Санкт-Петербург : Наука, 1998. – С. 415–418.
5. Смородинская, Н. В. Шумпетерианская теория роста в контексте перехода экономических систем к инновационному развитию / Н. В. Смородинская, Д. Д. Катуков, В. Е. Малыгин. – DOI: 10.17835/2076-6297.2019.11.2.060-078 // Journal of Institutional Studies. – 11 (2), 060-078.

A.D. Bulat¹, V.M. Filenkov², N.L. Bobkov¹, V.A. Obrubov², O.V. Litovchenko¹

¹ scientific-production company Aquaprotect LLC Krasnodar;

²Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Togliatti branch, Togliatti

METHODOLOGICAL APPROACH IN THE PROJECT OF BORROWING TECHNOLOGIES FROM NATURE

The main methodological approaches in the project of using natural properties for water disinfection are considered. Through the use of phased planning, an attempt to formulate the task in the form of a situational structural schematic map of the implementation of the borrowing project was made. Structural and schematic maps of the interaction of a rain drop with the atmosphere and the mechanisms of the effect of the atmosphere on microorganisms are presented. On the basis of the metaphysical concept of nature-like technologies, a constructive representation of the implementation of the synergetic effect of disinfecting liquids by means of techniques, materials and devices that ensure the implementation of the specified functional features of the installation is obtained.

Meteorological factors, biosphere, borrowing natural technologies, water purification and disinfection.



Ш.Э. Булгаков

Вологодский государственный университет

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПЕЧНОГО ПРОЛЕТА С РАБОЧЕЙ ПЛОЩАДКОЙ ОСИ “1–51”, РЯДЫ “В–Г” ЭСПЦ ОАО «СЕВЕРСТАЛЬ»

В статье представлены результаты обследования строительных конструкций печного пролета с рабочей площадкой оси “1–51”, ряды “В–Г” ЭСПЦ ОАО «СЕВЕРСТАЛЬ» в связи с длительным сроком их эксплуатации и накоплением дефектов. Выполнено обследование строительных конструкций, обнаруженные дефекты сведены в таблицу дефектов; выполнена геодезическая съемка конструкций для определения их положения в пространстве, определены прочность и марки сталей путем химического анализа отобранных образцов, а также измерением их поверхностной твердости. Особое внимание уделено изучению влияния термического воздействия на структуру применяемых марок сталей, и в частности, кипящих сталей. С этой целью выполнены металлографические исследования отобранных образцов.

Строительные стальные конструкции, дефекты, определение прочности строительных материалов, геодезическая съемка, исследования химического состава сталей, металлографические исследования структуры металла.

Главной целью исследований является определение технического состояния эксплуатируемых строительных конструкций. В ходе этих исследований составляется карта дефектов, на основании которой определяется остаточный ресурс конструкций, сроки текущих и капитальных ремонтов и продолжительность дальнейшей эксплуатации. Основным методом производства подобных работ является визуально-инструментальный осмотр конструкций, совмещаемый по ходу работ и их сложности с определением прочностных характеристик материалов, геодезическими измерениями, контролем за наличием и поведением трещин различного происхождения и т.п. В последнее время наметились тенденции в использовании компьютерного онлайн-моделирования поведения конструкций под нагрузкой в течение всего периода их эксплуатации. Широкому внедрению таких методов производства работ препятствует их высокая стоимость и ряд технических проблем в реализации. Поэтому их применение ограничено уникальными объектами и в основном используются традиционные методы.

Здание ЭСПЦ включает в себя главный корпус в осях “А–Д”, “Е/1–51” (три пролета шириной по 30 м) и отделение термообработки и зачистки слябов в осях “Ж–К/1–67” (два пролета шириной по 30 м), сблокированные в одно здание при помощи вспомогательного аэрационного пролета в осях “Д, Е” – “Ж/1–51” (ширина пролета 18 м). Трехпролетный главный корпус состоит из шихтового, печного и разливочного пролетов. Печной пролет расположен в осях В, В–Г/1–51. Строительство ЭСПЦ велось поочередно. Первая очередь спроектирована ЛО ЦНИИПСК в 1966 г., цех построен и пущен в эксплуатацию в 1969 г. В 1977 г. пущена 2-ая очередь строительства, заключающаяся в удлинении пролетов цеха на 96 м. Первоначально в печном пролете были установлены три 100-тонных сталеплавильных электропечи и одна электропечь для выплавки шлака.

С расширением цеха была установлена новая 100-тонная электроплавильная печь. Сейчас в печном пролете функционирует две шахтных электропечи. Несущий каркас печного пролета входит в состав рамы главного корпуса, состоящей из жесткой многопролетной рамы печного и разливочного пролетов и шарнирно-примыкающих к ним рам шихтового и аэрационного пролетов. Колонны каркаса жестко заземлены в отдельных фундаментах. Стропильные фермы печного пролета также жестко сопряжены с колоннами и шарнирно с подстропильными фермами. Общая ширина поперечника цеха составляет 170 м, при этом продольный температурный шов отсутствует и температурные деформации уменьшаются благодаря деформативности верхней части колонн по ряду “Ж”. Несущие конструкции покрытия представляют собой односкатные стропильные фермы с параллельными поясами пролетом 30 м и высотой 3,5 м с уклоном $i = 1:8$. Шаг стропильных ферм переменный – в осях “21”–“22” и “26”–“27” по 6 м, в остальных осях – 12 м. Отметка нижнего пояса ферм 31,6 м. Покрытие представляет собой стальные панели размером 3×12 м. По панелям уложен стальной настил толщиной 3 мм. По обе стороны от ряда “Г” устроен аэрационный фонарь длиной 24 м.

Рабочая площадка на отм. +7,84 расположена в осях “1”–“47” печного пролета “В”–“Г”, который обслуживается 4-мя мостовыми кранами (№ 7, № 8, № 9, № 10), расположенными начиная с оси “1”, грузоподъемностью соответственно 180/63/20, 140/30/5, 140/30/5, 125/30 т. Длина площадки – 276 м, ширина – 30 м. Часть площадки в осях “1”–“31” была введена в эксплуатацию в 1969 г. вместе с первой очередью строительства ЭСПЦ. Первоначально рабочая площадка была предназначена для обслуживания четырех электропечей, расположенных в районе осей “8”–“11”, “19”–“22” и “26”–“29” соответственно, и одной электропечи ОКБ 1109, находящейся между осями “17”–“19”. В настоящий момент все четыре

печи демонтированы. Расширение рабочей площадки было произведено в 1975 г. во время 2-й очереди строительства.

По результатам изучения технической и эксплуатационной документации, а также по сведениям, предоставленным заказчиком, объект ранее подвергался обследованию специализированными организациями: заключение ГПИ «ЛенПСК» в 1993 г. и 1999 г., заключение экспертизы промышленной безопасности ЗАО «Эркон» (код комплекта 10Э02/РС2352.11.04.02 – ТЭ-2) на конструкции рабочей площадки в осях “Б”, “В”–“Г”/”1”–“47” на отметке +7,840 м ЭСПЦ (печной пролет).

Обследование строительных конструкций печного пролета с рабочей площадкой проводилось в соответствии с [1, 2] и другой действующей нормативно-технической документацией. При проведении обследования была изучена имеющаяся проектная, техническая и исполнительная документация. Затребована и изучена документация, отражающая все происшествия и инциденты в период между проводимыми обследованиями.

По проектной документации установлена проектная организация – автор проекта, год его разработки, конструктивная схема здания, сведения о примененных в проекте конструкциях, монтажная схема сборных элементов, время их изготовления и возведения здания, геометрические размеры здания, его элементов и конструкций, характеристики применяемых материалов. Обследование проходило без остановки технологического процесса и включало в себя визуальный осмотр всех строительных конструкций сооружения с фиксацией (графической и фото). Выполнены замеры выявленных дефектов и повреждений, обмерные работы, проверка соответствия обследуемых конструкций и конструктивных схем проектным решениям, а также инструментальный контроль параметров технического состояния и определение физико-механических свойств конструкционных материалов [3, 4]. Выполнена геодезическая съемка подкрановых балок, определено отклонение колонн несущего каркаса от вертикали и выполнена схема условной нивелировки стропильных ферм. Максимальные отклонения колонн от вертикали колонн на отм. +23.00 в плоскости рамы относятся к колонне ряда “В” по оси 15 величиной 22 мм, а также ряда “Г” по оси “35” соответственно величиной 26 мм. Допустимые значения отклонения равны $\ell=0/001 \cdot 23000=23$ мм – фактические отклонения превышают допустимые значения. Максимальные отклонения колонн от вертикали колонн на отм. +23.00 из плоскости рамы относятся к колонне ряда “В” по оси “24” величиной 31 мм, а также ряда “Г” по оси “43” соответственно также 31 мм. Допустимые значения отклонения равны $\ell=0/001 \cdot 23000=23$ мм – фактические отклонения превышают допустимые значения.

В ходе обследования строительных конструкций печного пролета с рабочей площадкой по результатам выборочных промеров установлено следующее: фактические размеры между осями основных конструктивных элементов, отметки по высоте соответствуют проекту, находятся в пределах допусков нормативных

документов. Габаритные размеры, длины, сечения конструктивных элементов в основном соответствуют принятым в проекте и соответствуют результатам обмеров предшествующей экспертизы. Габаритные размеры, длины, сечения конструктивных элементов в основном соответствуют принятым в проекте и соответствуют результатам обмеров предшествующей экспертизы.

Анализируя по таблице дефектов их состав и руководствуясь [5, 6], основными дефектами и повреждениями ограждающих и несущих металлических конструкций по рядам “Б”, “В” и “Г” выявлены последствия механических воздействий при транспортировке и установке, ремонтах, при прокладке технологических коммуникаций. Речь идет о повреждениях наиболее гибкого элемента конструкции колонн – соединительной решетки. В некоторых случаях речь идет о повреждениях самих ветвей колонн. Имеются повреждения в виде прожогов, местных погибей полков и ребер жесткости, отсутствия ребер жесткости. Выполнены измерения толщины «живого» сечения элементов колонн. Предварительно перед измерением их поверхность очищалась от остатков антикоррозионного покрытия и следов коррозии. Определение толщины поврежденного коррозией элемента здесь и в дальнейшем производилось в наиболее поврежденных коррозией местах с помощью ультразвукового толщиномера А1209. В целом коррозия материала колонн незначительная (не более $1 \div 2$ %).

При обследовании металлических конструкций следует учитывать, что для проектирования и строительства в 1950–1970 гг. из экономических причин практиковалось применение кипящих марок сталей. Для этих сталей характерно наличие дефектов структуры, приводящих к образованию микротрещин и снижению их несущей способности. Сопутствующими осложняющими факторами являются любые локальные повреждения (отверстия, погиби, прожоги и т.п.), термические воздействия, коррозия и динамический характер нагрузок, действующих на конструкции. На практике достаточно часто применение в конструкциях кипящих сталей приводило и приводит к существенным, не всегда обоснованным ограничениям при их эксплуатации.

Для определения механических и химических свойств стали, из которых изготовлены несущие конструкции, взяты образцы металла. Для определения марки стали ввиду трудного доступа и уменьшения степени повреждения конструкций при отборе образцов использовались не обычные стандартные образцы. Был произведен отбор образцов в виде металлической стружки с последующим ее химическим анализом. Результаты химического анализа приведены в таблице. Далее, пользуясь «Марочником сталей и сплавов» [7], определяют по химическому составу марку стали и ее механические характеристики. Дополнительно выполнено определение поверхностной твердости металла с помощью динамического твердомера «ТЕМП-2» № 021796. Выполнено металлографическое исследование структуры металла отобранных образцов.

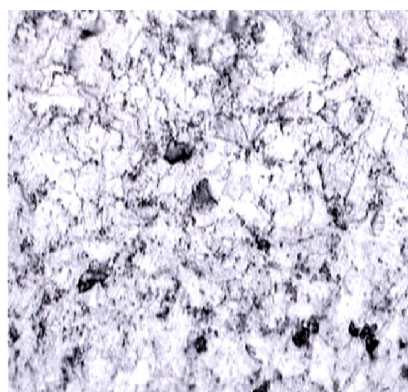
**Выписка из протокола химического анализа предоставленных образцов
для определения марки стали**

№ анализа образца	Изделие	Содержание элементов, %								Марка металла	Примечание ГОСТ
		C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu		
1	Металлоконструкция	0,11	0,91	1,43	0,021	0,017	0,15	0,13	0,07	10Г2С1	19281-89
2	печного пролета с рабочей площадкой оси «1-51» ряда В-Г ЭСПЦ ООО «Северсталь»	0,1	0,85	1,38	0,019	0,015	0,13	0,11	0,06	10Г2С1	19281-89

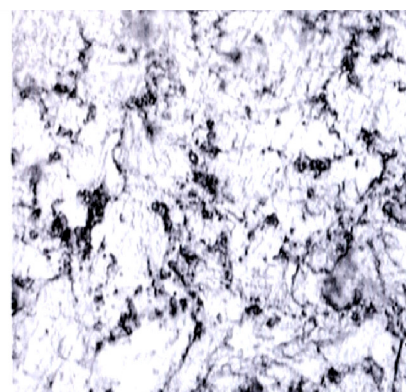
Скол № 1



x100

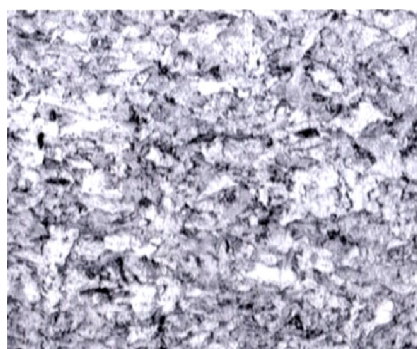


x500

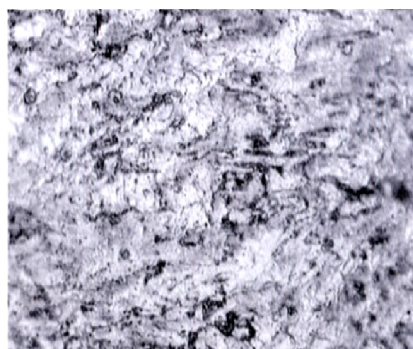


x1000

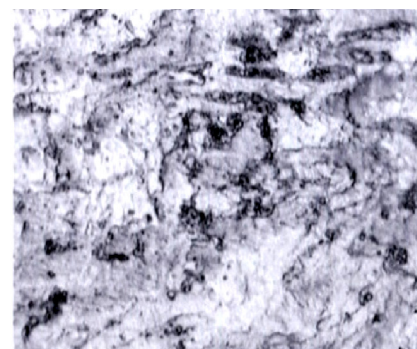
Скол № 2



x100



x500



x1000

Рис. Образцы микроструктуры металла сколов при различном увеличении

Структура образцов не имеет признаков значительного нагрева металла. Сфероидизация перлита вызвана условиями отпуска. Соответствует эталонам микроструктуры для сталей ферритно-перлитного класса. Изменений в структуре металла образцов не наблюдается (рис.). Установлено, что в конструкциях колонн применена сталь, соответствующая современной маркировке 10Г2С1 по ГОСТ 19281-89.

На основании результатов проведенных работ можно сделать выводы:

1. В целом, анализируя состояние несущих и ограждающих конструкций, по результатам обследования следует признать, что его можно характеризовать как ограниченно-работоспособное. Здание можно эксплуатировать при соблюдении ряда условий и

проведении ряда мероприятий. Параметры напряженно-деформированного состояния в части изменения прочностных и деформационных характеристик находятся в допустимых границах, установленных действующими нормативными документами.

2. Проведенные металлографические исследования показали, что применение кипящих марок стали в конструкциях здания, подверженных термическим воздействиям при длительной эксплуатации, не привело к изменению структуры металла. Поэтому при условии соблюдения должных условий эксплуатации, обеспечении мониторинга (система периодических, текущих осмотров), снижении уровня термических и динамических нагрузок и т.п. [3] возможно вести их дальнейшую эксплуатацию.

Литература

1. Технический регламент безопасности зданий и сооружений : Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ : принят Государственной думой 23 декабря 2009 года : одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 года. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : справочно-правовая система / Компания «КонсультантПлюс» (дата обращения: 08.10.2020).
2. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения : межгосударственный стандарт : введен 2015-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 16 с.
3. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния : межгосударственный стандарт. – Москва, 2012. – 89 с.
4. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. Госстрой. России. – Москва, 2004. – 26 с.
5. Булгаков, Ш. Э. Результаты обследования строительных конструкций учебных корпусов здания общественного назначения в г. Череповце / Ш. Э. Булгаков // Эффективные строительные конструкции: теория и практика : сборник статей XIX Международной научно-технической конференции. – Пенза : Приволжский дом знаний, 2019. – С. 25–29.
6. ЭРД–22-02-99. Руководство по оценке технического состояния стальных подкрановых конструкций. ЦНИИПСК им. Мельникова, СИБПРОЕКТСТАЛЬ-КОНСТРУКЦИЯ, АООТ «ВНИИПТМАШ». – Москва : Новокузнецк, 2000.
7. Сорокин, В. Г. Стали и сплавы. Марочник. Справочник / В. Г. Сорокин. – Ингермет Инжиниринг, 2001. – 608 с.

Sh. E. Bulgakov
Vologda State University

RESULTS OF THE SURVEY OF BUILDING STRUCTURES OF FURNACE SPAN WITH THE WORKING PLATFORM OF AXIS "1-51", ROWS "V-G" OF ESPC OF SEVERSTAL JSC

The article presents the results of the survey of the building structures of the furnace span with the working platform of the axis "1-51," rows "B-G" of the ESPC of SEVERSTAL OJSC regarding the long service life and accumulation of defects. The building structures were inspected; the detected defects were summarized in the table of defects; geodesic survey of structures was carried out to determine their position in space; strength and grade of steels were determined by chemical analysis of thermal samples and also measurement of their surface hardness. Special attention is paid to studying the influence of thermal influence on the structure of used steel grades, and in particular boiling steels. For this purpose, metallographic studies of the selected samples were performed.

Structural steel constructions, defects, determination of strength of construction materials, geodesic survey, research of chemical composition of steels, metallographic research of metal structure.



ПРИЧИНЫ МАЛОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ СТЕН КАМЕННЫХ ЗДАНИЙ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СУДЕБНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРТИЗ

Анализируются причины дефектов в конструкциях облегченных наружных стен зданий, возводимых на территории Вологодской области. Исследования выполнялись в рамках судебно-строительных экспертиз Арбитражного суда. Выявлены причины снижения энергоэффективности кладки, получены выводы и даны рекомендации для предотвращения появления дефектов, негативно сказывающихся на энергоэффективности стены.

Энергоэффективность стены, сопротивление теплопередаче, дефекты, температурное поле, нормируемая толщина растворного шва, воздухопроницаемость, энергетическое обследование.

При обследовании кирпичных зданий новостроек, как по заявке владельцев квартир, так и по определению судов, ежегодно обнаруживаются дефекты (брак) устройства наружных стен, выражающийся в понижении температуры внутренней поверхности стены ниже нормируемого температурного перехода между температурой наружного воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции $\Delta t = t^{\circ}C$ (табл. 5 в [1]) и откосов проемов.

Обычно конструкция наружной стены в таких домах в виде облегченной кладки:

- двухслойная (в многоэтажных домах – наружная верста из лицевого кирпича, а внутренняя из многопустотного керамического камня). Дефекты стен такой конструкции были выявлены в делах № 2-7031/2018 Городского суда города Вологды (стена толщиной 640 мм оштукатурена с двух сторон), № 2-11014/2015 Городского суда города Вологды (стена толщиной 680 мм плюс штукатурка с 1 стороны), № 2-32/2019 Городского суда города Вологды (стена толщиной 120 мм лицевой + 640 мм + 20 мм штукатурка, итого 770 мм);

- с уширенным швом, заполненным, например, пенополистиролом ПСБ-С-35 (конструкция стены из силикатного кирпича состоит из наружной версты в полкирпича, связанной прокладочным тычковым рядом с внутренней частью стены. Общая толщина стены составляет 680÷690 мм). Дефекты стен такой конструкции были выявлены в делах № А13-15591/2017 Арбитражного суда Вологодской области (толщина стены 680÷670 (700) мм со штукатуркой), № 2-6441/2018 Вологодского городского суда;

- с вентилируемым фасадом (конструкция стены состоит из внутреннего слоя из камня и самого вентилируемого фасада). Дефекты стен такой конструкции были выявлены в деле № 2-58/2018 Вологодского городского суда (гибкие связи, теплоизоляция отошла от стены).

Во время обследования стен здания первоначально тепловизором исследовалось температурное поле наружной и внутренней поверхности стен. Опреде-

лялся температурно-влажностный режим помещений внутри здания.

В местах с наименьшими величинами температуры внутренней поверхности стен выполнялось сплошное вскрытие.

В стенах, выполненных из силикатного кирпича, после снятия (отбивки) штукатурного слоя обнаружен дефект в виде «пустошовки». При приложении руки к незаполненному шву в некоторых местах во время ветра тактильно ощущается движение воздуха через стену. Не заполнены швы раствором как между кирпичами, так и между утеплителем и кирпичами.

Для качественного влияния данного дефекта («пустошовки») на теплотехнические характеристики стены был выполнен расчет с целью определения «фактического сопротивления теплопередачи» участка стены, где было выполнено вскрытие:

$$R_0^{\text{факт}} = \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}}{\Delta t \times \alpha_{\text{int}}}, \quad (5.4) [1]$$

где $t_{\text{вн}}, t_{\text{нар}}, \Delta t$ взяты из данных обследования квартиры.

Определенное по вышеприведенной формуле сопротивление теплопередачи в квартирах для отдельных участков стен колеблется от 0,36 до 2,31 м² °С/Вт.

Базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции

$$R_{\text{тр}} = 3,32 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт (для Череповца и Вологды)}.$$

Похожая картина с «пустошовкой» и в двухслойной конструкции стены.

Объекты в Вологде: дело № 2-11014/2015 Вологодского городского суда.

Кроме того, дефекты «пустошовки» обнаружены в виде крупных растворных включений, образовавшихся в результате заполнения швов у колотых камней в местах перевязки кладки.

Камни должны пилиться с использованием специального ручного инструмента (например, пила типа Аллегатор для Porotherm [6]), а не колоться кирочкой, чтобы можно было обеспечить нормируемую толщину растворного шва согласно [2]. Кроме того, с целью недопущения возможного проваливания кладоч-

ного раствора в большие пустоты шириной более 10 мм», для улучшения теплотехнической однородности стены используются кладочные сетки, например Porotherm JM C-5/100, 4/100.

Тепловизором обнаруживаются неоднородности стены (дефекты), когда дом готовится к сдаче в эксплуатацию.

Таким образом, на зданиях с вышеприведенной конструкцией стены культура производства работ существенно влияет на конечный результат (энергоэффективность). В зданиях, имеющих трехслойную наружную стену, выполненную с гибкими связями или с навесным вентилируемым фасадом, вышеперечисленные дефекты в виде «пустошовки» с завышенной толщиной растворного шва и включения раствора в местах сколов камня и кирпича не существенно сказывается на теплопроводности, что подтверждается отсутствием жалоб жильцов на теплопередачу стен в таких зданиях (в практике экспертной работы нет объектов, где стены с вентилируемыми фасадами или облицовкой на гибких связях).

В конструкции стены с вентилируемым фасадом, а также с облицовочным слоем на гибких связях все дефекты качества кладочных работ закрываются двумя слоями теплоизоляции и ветрозащитной пленкой.

В такой стене нет «сот» (системы незаполненных швов, открытых наружу и закрытых штукатуркой изнутри). Воздух из незаполненного шва попадает в теплоизоляцию, покрытую теплоизоляционной пленкой, тем самым воздухопроницаемость ухудшается.

Для предотвращения появления дефектов «пустошовки» и других, негативно сказывающихся на энергоэффективности стены, необходимо более «жестко» контролировать исполнение требований СП [2] и, вероятно, для кирпичных зданий, выполненных с «утолщенными» швами или с использованием камней, необходимо требовать проверку воздухопроницаемости ограждающих конструкций по ГОСТу [3]. Требования по проверке воздухопроницаемости целесообразно включить в СП [4] и вписать в форме актов, представленных в приложениях в данном документе.

В ФЗ № 261 [5]:

- статья 6. Полномочия органов государственной власти РФ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности:

п. 7.1. Установление требований к проведению энергетического обследования, результатам энергетического обследования (энергетическому паспорту и отчету о проведении энергетического обследования) (далее – требования к проведению энергетического обследования и его результатам);

- статья 11. Обеспечение энергетической эффективности зданий, строений, сооружений:

п. 6. Не допускается ввод в эксплуатацию зданий, строений, сооружений, построенных, реконструированных, прошедших капитальный ремонт и не соответствующих требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов;

п. 7. Застройщики обязаны обеспечить соответствие зданий, строений, сооружений требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащен-

ности их приборами учета используемых энергетических ресурсов путем выбора оптимальных архитектурных, функционально-технологических, конструктивных и инженерно-технических решений и их надлежащей реализации при осуществлении строительства, реконструкции, капитального ремонта;

п. 8. Проверка соответствия вводимых в эксплуатацию зданий, строений, сооружений требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов осуществляется органом государственного строительного надзора при осуществлении государственного строительного надзора. В иных случаях контроль и подтверждение соответствия вводимых в эксплуатацию зданий, строений, сооружений требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов осуществляются застройщиком.

Таким образом, ФЗ от 23.11.2009 № 261-ФЗ (редакция от 26.07.2019) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» дает полномочия, которые позволяют предъявить повышенные требования к проверке качества работ с целью выполнения требований по обеспечению энергетической эффективности зданий.

Таким образом, для повышения энергоэффективности возводимых каменных зданий необходимо:

1. Строго контролировать исполнение п. 9.18.3 «При приемке законченных работ по возведению каменных конструкций необходимо проверять: правильность перевязки швов, их толщину и заполнение...» [2].

2. При строительном надзоре за качеством выполнения вышеуказанного пункта необходимо контролировать наличие специализированного инструмента, отсутствие которого обуславливает появление (получение, создание) дефектов кладки в виде «пустошовки» и растворных включений в местах излишне отбитых у камня.

3. Ввести обязательное требование проверки воздухопроницаемости в СП [4], что должно выполняться в соответствии с требованиями ФЗ [5].

Литература

1. СП 50.13330-2012. Тепловая защита зданий : дата введения 2013-07-01. – Москва : ГУП ЦПП Госстроя России, 2012. – 98 с.

2. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции : дата введения 2013-07-01. – Москва : Госстрой, ФАУ ФЦС, 2013. – 149 с.

3. ГОСТ 31167-2009. Здания и сооружения. Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных условиях : дата введения 2011-03-01. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 29 с.

4. СП 68.13330.2017. Приемка в эксплуатацию законченного строительством объекта : дата введения 2018-01-28. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 80 с.

5. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в

отдельные законодательные акты РФ : Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (редакция от 26.07.2019) // Российская газета. – 2009. – № 226 (27 ноября).

6. Wienerberger : [сайт]. – URL: [https:// www.wienerberger.ru](https://www.wienerberger.ru) (дата обращения: 06.07.2020). – Текст : электронный.

E.A. Kabanov
Vologda State University

**REASONS FOR LOW ENERGY EFFICIENCY OF STONE BUILDINGS WALL STRUCTURES
IN VOLOGDA REGION BASED ON THE RESULTS OF FORENSIC CONSTRUCTION EXPERTISE**

The article analyzes the causes of defects in the structures of lightweight external walls of buildings erected in Vologda region. The research was carried out within judicial and construction expertise of the Arbitration court. The reasons for reducing the energy efficiency of masonry are identified and conclusions and recommendations are made to prevent the appearance of defects that negatively affect the energy efficiency of the wall.

Energy efficiency of walls, thermal resistance, defects, thermal field, standardized width of mortar joint, air tightness, energy survey.



ГОРОД. УЛИЦА. ДОМ. ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЙ АНАЛИЗ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ДОМА ЛЕВАШОВА В ВОЛОГДЕ

В статье представлен историко-культурный анализ объекта культурного наследия дома Левашова в Вологде, исследуются градостроительные условия его восприятия в историческом контексте, описываются история строительства, архитектурно-стилистические особенности.

Вологда, дом Левашова, городской особняк, «деревянный ампир», объект культурного наследия, «образцовые» проекты.

Давно отшумела та жизнь и ее приметы, а вологодские памятники деревянного дворянского классицизма вновь и вновь переносят нас в Россию пушкинской поры, заставляя задуматься «о времени и о себе», радуют взгляд совершенством форм и вносят свою неповторимую – мягкую и лиричную – ноту в городской пейзаж [5].

А.И. Сазонов

Дом Левашова – объект культурного наследия федерального значения, деревянный городской особняк – уникальный образец «деревянного ампира» первой трети XIX в., дошедший до нашего времени почти без изменений (рис. 1). Изменилась среда и градостроительные условия его восприятия. Так же как и сейчас, среди современных пятиэтажек на улице Герцена, 37, он в XIX веке выглядел абсолютно неординарным сооружением на фоне обывательских домов.

1. ГОРОД

Представим, как выглядела Вологда к моменту строительства дома, каково было то окружение, в котором этот особняк появился.

Как и все средневековые русские города, Вологда от начала существования застраивалась хаотично – подчиняясь природному ландшафту (рельефу и водным объектам), торговым путям; сказывался строительный материал: применение дерева обязывало соблюдать противопожарные разрывы. По традиции в городе, как и в деревне, каждый хозяин мог строить свой дом не по линии застройки, а отнести его вглубь двора, а на улицу выходили заборы. Город заселялся и развивался без заранее продуманной планировки: «о порядке, о плане тогда не могло быть и речи» [4]. Радикальные преобразования в городе начались в конце XVIII века, когда в связи с указом 1763 г. «О сделании всем городам, их строениям и улицам специальных планов по каждой губернии особо» Комиссия о каменном строении Санкт-Петербурга и Москвы начинает заниматься составлением планов и застройкой всех городов Российской Империи.

Высочайше утвержденные генеральные планы становятся основополагающим градостроительным документом, имеющим юридический статус.



Рис. 1. Дом Левашова. 1829 г., Вологда, улица Герцена, 37. Фото 2013 г.



Рис. 2. «Высочайше подтвержденный императрицей Екатериной II первый регулярный План губернскому городу Вологде» 1781 (1784) года

Вологда получила свой «Высочайше подтвержденный императрицей Екатериной II первый регулярный План губернскому городу Вологде» в 1781 г. (рис. 2). Согласно этому плану город Вологда, как и более 400 российских городов, должен был застраиваться по геометрически правильной прямоугольной сетке улиц, прочерченной по принципу «регулярства», в соответствии с главной градостроительной концепцией XVIII века.

2. УЛИЦА

«В 19 столетии Вологда уже заметно улучшилась с внешней стороны» [4]. Но и через почти полвека после принятия регулярного плана к началу строительства Левашовыми своего дома Вологда была преимущественно деревянная, и не просто деревянная, а избяная. Преподобный Пимен (Угрешский), уроженец Вологды, оставил в своих «Воспоминаниях» замечательное описание жилой застройки в Вологде по состоянию на 1820–1830-е годы: «Бревна выбирались самые толстые, и дома эти строились по своему расположению совершенно отлично от теперешних <...> ворота крытые, с коньком и калиткою, на которой толстое кольцо, чтобы, ударяя им по бляхе, пришедший возвестил о своем приходе, и тут же веревочка, продернутая в дверь, посредством которой отдергивали щеколду и входили во двор, к ночи же запирались засовом. Дома по улице не были в одну нить, но которые выдавались вперед, а иные вдавались назад. <...> Прежние, старые улицы были весьма узкие, кривые и грязные» [2].

Вот на таком сельском фоне, а это были бревенчатые срубы без обшивки, появляется дом губернского предводителя дворянства Александра Николаевича Левашова. Можно представить себе, какое впечатление произвел на современников этот дворец.

Рассмотрим еще один план. На рисунке 3 представлен фрагмент плана Вологды 1908 года – интересующий нас Нижний посад.

Здесь кружком на Екатерининской Дворянской улице обозначено место, где 1828 года мая 24 статский советник Александр Николаевич Левашов выкупил у статской советницы Надежды Михайловны Волоцкой дворовую и огородную землю за 400 р. ассигнациями [3]. Так началась история строительства дома.

Тогда дворяне и вологодские купцы посостоятельнее предпочитали селиться преимущественно вдоль Петербургской улицы (современная Ленинградская) – на территории Верхнего посада, в центре – на Большой Дворянской (современная Октябрьская). В Нижнем посаде группировались на Екатерининской Дворянской улице (современная улица Герцена).

Даже в начале XX века практически вся застройка Вологды была деревянная – на фрагменте плана 1908 года только каменные дома обозначены рамками и заштрихованы (рис. 3). Все остальное – деревянные дома. В первой трети XIX века в ближайшем окружении каменными были только постройки Свято-Духова монастыря, выделенного прямоугольником, и церковь великомученицы Екатерины во Фроловке (1776 г.). Крестик ее стоит прямо на перекрестке двух улиц, названных в ее честь – Екатерининской и Екатерининской Дворянской. Место престижное. К сожалению, церкви уже нет, и от построек Свято-Духова монастыря немного осталось. В 1918 году Екатерининская Дворянская была переименована в честь писателя-публициста, революционера А. И. Герцена.

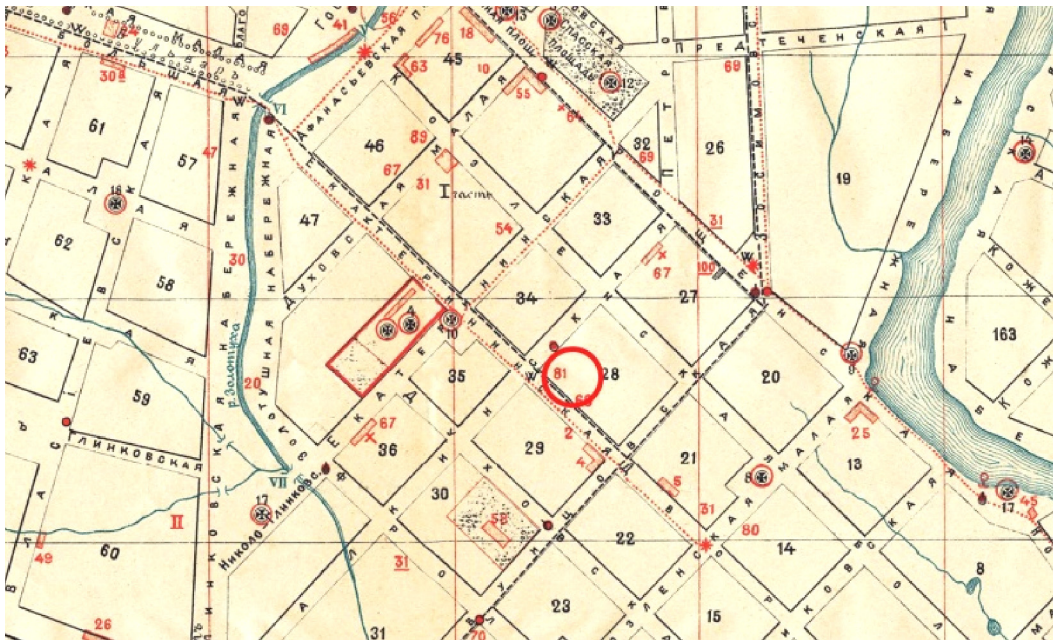


Рис. 3. Фрагмент плана г. Вологды 1908 года

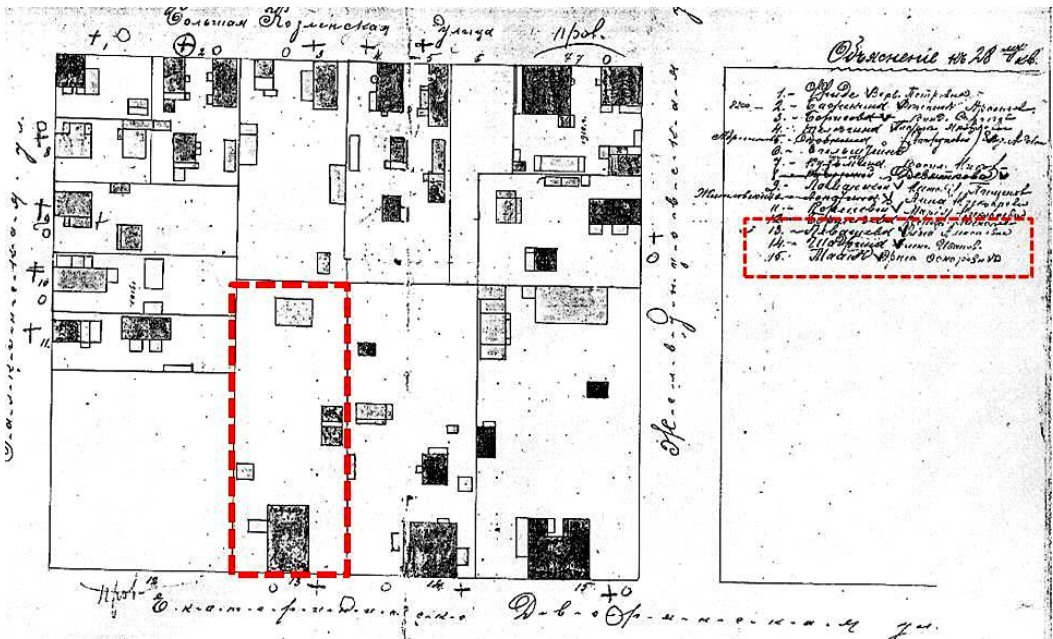


Рис. 4. План 28-го квартала г. Вологды, 1830-е годы

На плане 28-го квартала г. Вологды, составленном в начале 1830-х годов, пунктирной рамочкой выделен участок дома Левашова (рис. 4). Здесь, на этом плане, очевидно, что и участки, и сами дома, ориентированные на более престижную улицу Екатерининскую Дворянскую, крупнее, чем дома и участки, выходящие на Галкинскую, Большую Козлѣнскую и Желвунцовскую улицы. Таким образом проявляется принцип застройки по сословному признаку.

Екатерининская Дворянская улица XIX в. считалась одной из самых протяженных и благоустроенных в городе. Все дома построены «вплоть нити», как предписал еще Петр I, строго вдоль красной линии – здесь уже соблюдены правила застройки по екатерининскому регулярному плану. Кроме жилых домов на

участках довольно много надворных построек, читаем у Пимена: «На каждом дворе был свой колодезь; ... везде своя баня, свой огород» [2]. Постройки самого разного назначения: дровяники, погреба, птичники, ретирады (то, что мы сейчас называем «удобства во дворе»). У домовладельцев побогаче – конюшня и каретный сарай, кухни, прачечные и многое другое.

3. ДОМ. АРХИТЕКТУРНО-СТИЛИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Довольно скоро после покупки земли, уже 8 сентября 1829 года, т.е. через полтора года семья Левашовых переехала в новоотстроенный дом [2]. Александр Николаевич Левашов был губернским предводителем вологодского дворянства в 1826–1832 гг., имел полное право и, очевидно, финансовые возмож-

ности, чтобы построить такой великолепный особняк. Еще год-полтора – для усадки деревянного сруба, затем последовала отделка.

В начале XIX века в Российской Империи издаются очередные указы, регламентирующие строительство повсеместно. В 1809–1812 гг. была выпущена серия фасадов зданий («Собрание Фасадов, Его Императорским Величеством Высочайше апробированных для частных строений в городах Российской Империи»), выходят даже «фасады для заборов и ворот к частным в городах строениям». Были выработаны образцовые, т.е. типовые, проекты жилой застройки, последовало массовое частное строительство обывательских домов.

За образец принимается, как правило, античный ордер. В первую четверть XIX в. архитектура переживает Александровский поздний классицизм, имеющий элементы ампира. Ампир – стиль империи, для которого характерны монументальность, державное величие, определенного рисунка архитектурные детали, строго симметричные фасады; а главное – обязательное наличие ордерных композиций – с колонными портиками, с треугольным фронтоном. Ордер – порядок, что больше выразит идею абсолютной монархии. Николай I, при котором строился дом, продолжал поначалу эту линию, да и мода в провинцию приходит с опозданием в несколько лет, поэтому в Вологде 1829 года – ампир.

Наибольшее развитие строительство по «образцам» получило именно в первой половине XIX века, но среди доступных источников не обнаружено прямых прототипов для дома Левашовых в Вологде – ни среди авторских построек, ни, тем более, в «образцовых» домах. Имени архитектора, по чьему проекту он строился, не сохранилось. Но четырёх-, шести- или восьмиколонные портики (как в доме Левашова) с фронтоном, возведенные на аркаду первого этажа, характерны для русского классицизма, начиная с 1780-х годов в постройках Дж. Кваренги. В Вологодской области этот период – первая треть XIX в. – представлен еще двумя великолепными деревянными портиками с фронтоном и на аркаде – это усадьба Гальских «Горка» в Череповце и усадьба Спасское-Куркино Резановых-Андреевых в деревне Куркино Вологодской области.

Образцовые фасады проектировались для каменных зданий, но были обязательными для зданий любых конструкций. Вологжане отдавали предпочтение деревянным жилым домам: это был самый доступный, дешевый материал, а главное, тогда считалось, что в каменных домах жить вредно для здоровья. Стали строить особняки в дереве, подражая каменной классицистической архитектуре, зачастую в соответствии с рекомендованными фасадами. Получила распространение обшивка фасадов досками.

4. ДЕТАЛИ

Вот и интересующий нас дом был обшит дюймовыми гладкими, без «калевки», досками, что больше напоминало каменные оштукатуренные стены, а доски первого этажа – со снятыми фасками – формируют поверхность с ленточным рустом (рис. 5). На окнах отсутствуют наличники, характерные для деревянных зданий.

Первый этаж на главном фасаде трактуется как цоколь, над которым возведен великолепный восьмиколонный ионический портик с могучим треугольным фронтоном. Великолепных пропорций фасад! Читаем у Г.К. Лукомского в его книге «Вологда в ее старине», изданной в 1914 г.: «Дом Левашева цельный, прелестный и полный своеобразия форм, особняк, тем более оригинальный, что все его детали исполнены из дерева. ... Общая композиция дома полна огромной силы, однако, получающееся столь значительным впечатление исходит, в сущности, от домика вовсе небольших размеров. Но таков ордер, таковы умело взятые пропорции, что дом кажется много большим, нежели он в натуре. В качестве образца деревянного Empire'a он заслуживает большого внимания» [3].

Есть в декоре фасада великолепно сохранившиеся деревянные детали – элементы из арсенала стиля ампир: над окнами второго этажа чередуются барельефы: лавровые венки, перевитые лентами, пальметты, щиты с розетками, и лаконичные прямоугольные сандрики с полочкой на «консолях». Колонны увенчаны тонко профилированными ионическими капителями (рис. 5). Над окнами первого этажа на дворовых фасадах – имитация замкового камня – детали из арсенала каменной архитектуры (рис. 5). Таковы были каменные прототипы.



Рис. 5. Архитектурные детали фасадов

Дом интересен, даже уникален, в основном своими фасадами, сохранившимися в подлинности и практически без изменений. В 1861–1863 гг. при капитальном ремонте здания Константин Александрович, сын Александра Николаевича Левашова, перенёс парадный вход с правого бокового фасада на главный, уличный (рис. 1). Это, очевидно, связано было с развитием во второй половине XIX века в Вологде извозничьего промысла, тем более что, судя по плану города 1908 года (рис. 3), как раз на перекрестке Екатерининской Дворянской и Екатерининской улиц у Свято-Духова монастыря находилась стоянка извозчиков. В связи с переносом главного входа произошла и внутренняя перепланировка: изменилась конфигурация парадной лестницы, появились новые сени.

К этому же времени относится и небольшая одноэтажная пристройка в северной части западного фасада – служебный (черный) вход.

В 1863 году Константин Александрович установил в тимпане фронтона родовый герб владельцев дома – дворян Левашовых. Герб выполнен в дереве: на щите, обрамленном венком из дубовых листьев, изображен лев, река, текущая диагонально к левому нижнему углу, венчает герб дворянская корона. В 1925 году его демонтировали, не очень аккуратно, и сейчас в запасниках Вологодского музея-заповедника хранятся отдельные фрагменты родового герба с дома Левашова, но по ним и архивным фотографиям можно вполне достоверно воссоздать утраченный элемент, украшавший фронтон дворянского особняка (рис. 6).

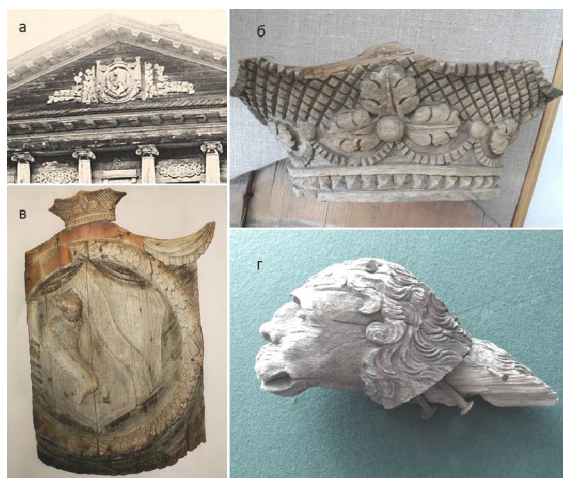


Рис. 6. а – родовый герб владельцев дома – дворян Левашовых – в тимпане фронтона, фото начала XX века; б, в, г – фрагменты демонтированного родового герба с дома Левашова

В 1832 году Николай I утвердил первый в России «Устав строительный», в котором была закреплена даже цветовая гамма строящихся по образцу домов: «Красить дома дозволяется следующими цветами: белым, палевым, бледно-желтым, желто-серым, серым, бледно-розовым и сибиркою с большою примесью белого» [5, с. 106]. Сибирка – это зеленая краска. Подавляющее большинство зданий в русских городах в этот период были выкрашены желтой охрой. Некоторое время, в XX – начале XXI века, и дом Левашова был охристым. При реставрации дома в 2005–2006 гг. был произведен зондаж красочных слоев, определено было, что первоначально фасады были выкрашены в зеленый цвет. На рисунке 7 зафиксированы выкраски в процессе реставрации. В итоге дом Левашова имеет вновь зеленые фасады.



Рис. 7. Реставрационные работы на доме Левашовых. Фото 2005 г.

5. ВОРОТА

«Еще одна прелестная деталь сооружений Вологды – ворота», – писал Г.К. Лукомский в книге «Вологда в ее старине» в 1914 году [3].

В 1811 г. Министерством внутренних дел было опубликовано среди прочих законодательное постановление «Собрание фасадов, Его Императорским Величеством Высочайше апробованных для заборов и ворот к частным строениям в городах Российской Империи». Согласно ему усадебные участки огораживались глухими высокими деревянными оградами по линии застройки, изолируя хозяев от внешнего мира (рис. 8, 9).



Рис. 8. Ворота дома Левашовых. Фото 2010 г.



Рис. 9. Дом Левашова, ул. Герцена, 37. Фото середины XX века

Калитки и ворота усадьбы Левашовых выполнены в том же классицистическом стиле, так же монументальны, как и сам дом, и, имитируя каменную конструкцию, составляют с ним единый ансамбль. Две широкие симметричные арки калиток завершаются прямыми карнизами с сухариками и плоскими аттиками. Перед фасадом – собственно перед окнами, выходящими на улицу, – в Вологде устраивались традиционные палисады с цветущими кустами, клумбами, обеспечивая таким образом и красоту, и приватность жилья (рис. 9).

6. ИНТЕРЬЕРЫ

Дом сохранился без катастрофических изменений, хотя, как правило, именно жилая архитектура активно перестраивается. Но интерьеры, к сожалению, искажены перепланировками за более чем 190 лет существования дома. В связи с переносом в 1863 году главного входа на уличный фасад произошла и внутренняя перепланировка: изменились конфигурация парадной лестницы, появились новые сени.

Более радикальные перепланировки последовали после революции. В 1927 году в этом здании некоторое время размещался областной суд, с 1937 года – школа-интернат СЖД, затем – общежитие студентов Вологодского педагогического института. В паспорте дома Левашова – объекта культурного наследия – в 1983 году читаем: общежитие девочек музыкального училища. Теперь здесь размещены Комитет по охране объектов культурного наследия Вологодской области и АУК ВО «Вологдареставрация».

Зайдем в дом. В соответствии с традицией в доме Левашова – четкое разделение помещений на парадные, жилые и подсобные. На первом этаже, с высотой потолков в 2,5 м, при Левашовых располагались служебные помещения, кладовые, жила домочаша, которая пользовалась «черным» входом со двора. А с улицы через сени можно подняться по парадной лестнице на второй этаж – роскошная лестница с классическим балясником ограждений, в красных стенах, где в дворянских особняках всегда (как и сейчас, после реставрации) стояло зеркало (рис. 10). Судя по планам,

до перепланировок в доме на втором этаже существовала традиционная анфиладная система, т.е. комнаты располагались смежно. Парадные гостиные в передней части дома, с высотой потолков 3,5 м, объединенные широкой аркой в один большой зал, были обращены окнами на улицу. «Совсем немного фантазии – и вот уже за ярко освещенными окнами кружатся в вальсе нарядные пары, а на улице их ожидают кареты...» [3]. Недаром парадные двери перенесены на главный фасад. В зале (в пушкинские времена это слово употребляли в женском роде) – несколько дверей, которые связывали его с разными комнатами дома и создавали ощущение широкого пространства. Жилые, меньшие по площади комнаты смотрели во двор.

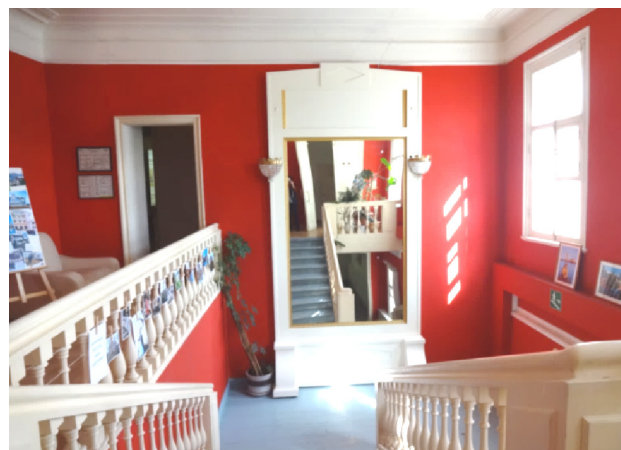


Рис. 10. Парадная лестница в доме Левашовых. Фото 2017 г.

Поскольку нет русской печи в доме, то, очевидно, кухня была в отдельном строении на территории усадьбы – чтобы не распространялись по дому кухонные запахи, и из противопожарных соображений. По служебной – узкой и крутой – лестнице еду поднимали наверх, сервировали в буфетной и подавали в столовую. Точно так же, как не было в доме и ретирады – уборной: водопровода и канализации еще не существовало, пользовались ночными горшками.

Из описания Лукомского Г.К.: «из предметов внутреннего убранства отметим мебель, бронзу, фарфор и особенно привлекающие внимание старинные, писанные клеевыми красками, обои» [3]. Бумажные обои в дворянских интерьерах в первой половине XIX века – наиболее распространенный отделочный материал. Бревна стесывали до гладкой поверхности, оклеивали сначала мешковиной, а затем – «бумажками». Но в период, описываемый нами, характерны были однотонные цветные обои. Чтобы хоть приблизительно представить утраченную обстановку в доме Левашовых, посмотрим картину, написанную в 1846 г. неизвестным художником «Гостиная и кабинет в московской квартире дворян Батвиньевых» (рис. 11).



Рис. 11. Неизвестный художник. Гостиная и кабинет в московской квартире дворян Батвиньевых, 1846 г.

В заключение еще раз обратимся к Г.К. Лукомскому, который в 1914 году, отмечая изношенность дома Левашова, писал: «...и жутко представить, что будет с домом лет через 50–100, когда маловыносливый материал даст о себе знать...» [3]. Простоял уже больше 100 лет (рис. 12). Такая вневременная красота, гармония и пропорциональность, построенная «как мера и красота скажут», сама себя хранит, на нее, будем надеяться, не поднимется рука вандала.

«Но из многочисленных когда-то зданий деревянного «ампира» в старых русских городах уцелели лишь единицы. Вологда в этом отношении принадлежит к счастливым исключениям и по праву может гордиться своими построенными из дерева памятни-

ками русского классицизма» [1]. Конечно, нужно изучать и популяризировать такие шедевры, наше национальное достояние.



Рис. 12. Дом Левашова, 1829 г., Вологда, ул. Герцена, 37

Литература

1. Баниге, В. С. Вологда / В. С. Баниге, Н. В. Перцев. – Москва : Искусство, 1970. – 167 с.

2. Вологда в минувшем тысячелетии: памятники истории и культуры / Всероссийская общественная организация «Русское географическое общество», Администрация города Вологды ; [Р. П. Биланчук, М. В. Васильева, И. Б. Воронин и другие ; редколлегия : А. В. Суворов (главный редактор) и другие]. – Вологда : Древности Севера, 2019. – URL: <https://www.booksite.ru/ancient/history/min/uvsv/hee/10.htm> (дата обращения: 08.10.2020). – Текст : электронный.

3. Лукомский, Г. К. Вологда в ее старине / Г. К. Лукомский. – Репринт. воспроизведение изд. 1914 г. – Вологда : Компьютер, информационно-издательская служба, 1991. – 364 с.

4. Непеин, С. А. (священник). Вологда прежде и теперь. / С. А. Непеин. – Вологда : Тип. Знаменского и Цветова, 1906. – 238 с.

5. Сазонов, А. И. Такой город в России один / А. И. Сазонов. – Вологда : Полиграфист, 1993. – 96 с.

6. Устав строительный. – Издание третье. – С.-Петербург, 1881. Правила о частных зданиях в городах. – URL: <http://tehne.com/library/ustav-stroitelnyu-izdanie-trete-s-peterburg-1881> (дата обращения: 10.05.2020). – Текст: электронный.

E.M. Nikitina

Vologda State University

CITY. STREET. HOUSE. HISTORICAL AND CULTURAL ANALYSIS OF THE LEVASHOV'S HOUSE IN VOLOGDA

The article presents a historical and cultural analysis of the cultural heritage of the Levashov's House in Vologda. The town-planning conditions of its perception in a historical context are investigated. The history of construction, architectural and stylistic features are described.

Vologda, Levashov's house, historical housing development, urban mansion, "wooden Empire", object of cultural heritage, "exemplary" projects.



РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ВСПЕНЕННОГО КОНСТРУКЦИОННОГО ПЛАСТИКА ИЗ ПЭТ-ТАРЫ

В данной статье рассмотрены промежуточные результаты разработки технологии по получению конструкционного пористого пластика из ПЭТ-тары, проведен сравнительный анализ результатов исследования образцов нового материала и образцов традиционных вспененных материалов, применяемых для строительства, а также проведен обзор подобных материалов и способов их получения.

Вспененный пластик, матрица, ПЭТ, исследование, порофор.

Сегодня строительной отрасли необходимы прочные, легкие и энергоэффективные материалы. Большим плюсом для экологии могло бы стать применение для их производства отходов человечества – пластиков, шлаков и прочего. Благодаря применению различных технологий переработки возможно провести полное обновление отработанного материала без потери его изначальных свойств. Мы обратили внимание на полиэтилентерефталат (ПЭТ) – пластик, из которого производится различная тара для хранения воды, одежда, пленки и многое другое. Сегодня в России объемы таких отходов достигают 500 тысяч тонн ежегодно, но в переработку вовлекается лишь 11–17 %.

На сегодняшний день вовлечение отработанного ПЭТ-пластика в производство конструкционно-теплоизоляционных материалов почти не рассматривается. Имеется лишь опыт производства теплоизоляционных материалов из ПЭТ волокон. Исследование носит передовой, инновационный характер с целью дальнейшего патентования. Для производства вспененных материалов на основе органических полимеров применяют в основном нагрев под высоким давлением с внесением различных вспенивателей. Рассмотрим варианты технологий, имеющие место на рынке:

1. Внесение смеси фреона с двуокисью углерода. Также данный способ называется механическая газация. При получении расплава в экструдере расплавленная масса насыщается сжатым углекислым газом или воздухом и далее при формообразовании продукции происходит вспенивание материала. Данная технология нашла свое применение в производстве вспененного пенополистирола.

2. Химическое порообразование – способ, который выбрали мы для получения нашего материала. На этапе приготовления смеси добавляются химический порообразователь (порофор) и катализатор, которые под воздействием температуры разлагаются с выделением газа и образуют поры в монолите изделия. Сегодня этот метод порообразования нашел широкое распространение (например, производство вспененного ПВХ).

Анализируя рассмотренные методы, можно с уверенностью сказать, что выбранный нами метод широко распространен и имеет промышленное применение.

Целью исследования является оценка возможности и анализ целесообразности применения предложенной технологии переработки пластика из ПЭТ-тары в новый конструкционно-теплоизоляционный материал.

Нами разрабатывается технология получения нового ячеистого пластика из отходов ПЭТ-тары путем внесения в расплав полиэтилентерефталата вспенивающегося реагента-порофора ADC-005 (азодикарбонамида). Применение азодикарбонамида для вспенивания ПЭТ не рассматривалось, так как встречается ряд проблем, которые мы учитываем в разработанной технологии. Перспективы переработки ПЭТ в различные строительные материалы уже известны, однако получение конструкционно-изоляционных материалов в виде ячеистого газонаполненного пластика (поропласта) из полиэтилентерефталата является новым и инновационным направлением.

Основой разработанной технологии стал эффект разложения порофора азодикарбонамида с выделением газа при нагревании. Совместный нагрев различных соотношений измельченного ПЭТ и ADC-005 позволяет получить пластики с различным объемом пор и прочностными характеристиками. Стоит отметить, что применение азодикарбонамида встречает ряд проблем, так как он, разлагаясь, помимо безвредных для ПЭТ азота и монооксида углерода выделяет аммиак, который пагубно влияет на ПЭТ-пластик. Решением могло бы стать применение порофора 5-фенилтетразола (5-PT), однако на данном этапе исследования оно рассмотрено не было. Нами было решено опробовать внесение перед нагревом в смесь порофора и пластика водостойкого силикагеля МСМГ. Силикагели обладают высокой газовой адсорбцией и применяются в промышленности, например для улавливания бензола из газовых кокосовых печей. Помимо этого, силикагель достаточно стоек к высоким температурам, что позволит вносить его в состав разрабатываемого материала непосредственно перед термической обработкой.

В качестве ПЭТ-сырья нами была использована измельченная до необходимого размера частиц тара цилиндрической формы. После смешивания различных соотношений компонентов смеси производился нагрев в специально разработанном нами устройстве. К сожалению, точного контроля температуры на данном этапе разработки достичь не удалось, что вызвало неоднородность получаемого материала и сильно искажало прочностные характеристики. Обработка смеси производилась при различных температурах от 210 до 240 °С. После достижения однородного расплава смеси производилась ее экструзия в формы, однако полного заполнения форм не происходило, вследствие неоднородного температурного режима в печи (часть смеси недостаточно нагревалась, что вызывало ее преждевременное твердение).

На данном этапе разработки не удалось получить стандартные образцы для прочностных испытаний. Предлагается сравнить плотность полученного материала и плотность имеющихся сегодня на рынке подобных материалов (табл. 1). Стоит отметить, что наш материал, предположительно, в большей степени обладает повышенными прочностными характеристиками, вкупе с низкой теплопроводностью, в связи с чем также рационально сравнивать его характеристики с легкими бетонами (табл. 2).

Таблица 1

Сравнение плотности полученного материала и его аналогов

Название	Полученный материал из ПЭТ (ПЭТФ) 5–15 % ADC	Пеноплекс (Пенополистирол)	Cellu Cushion (Пенополиэтилен)	Polynor (Пенополиуретан)
Плотность, кг/м ³	1161–723,12	22–47	63–82	45–60

Таблица 2

Сравнение плотности полученного материала и легких бетонов

Название	Полученный материал из ПЭТ (ПЭТФ) 5–15 % ADC	Керамзитобетон В 2,5	Шлакопемзобетон В 2,5	Автоклавный ячеистый бетон В 2,5
Плотность, кг/м ³	1161–723,12	900	1400	700

Подводя итоги данного этапа разработки, можно утверждать, что разрабатываемый нами материал имеет высокий потенциал применения в любых условиях. Полиэтилентерефталат водостоек, прочен и относительно легок. Следующим этапом нашего исследования станет доработка печи с установкой термостата для контроля температуры, а также измерение теплопроводности и проведение сравнительных прочностных испытаний материала и его аналогов. Полученная плотность материала зависит от количества добавляемого порофора и времени нагрева. Однако полученные результаты говорят нам о том, что, если прочностные характеристики и теплопроводность окажутся приемлемыми в сравнении с пластиками и бетонами, нами получен инновационный материал, сочетающий в себе повышенную прочность и низкую теплопроводность.

В ходе исследований мы добились прогресса в разработке технологии по получению вспененного пластика из полиэтилентерефталата, однако технология требует доработки. Полученная плотность материала позволяет сравнивать его с легкими бетонами, однако для точной оценки материала необходимы его прочностные характеристики и теплопроводность.

Хотелось бы отметить новизну разработанной технологии – ранее получение вспененного пластика из полиэтилентерефталата не рассматривалось. В перспективе нами планируется разработка технологии и получение патента.

Литература

1. Технология полимерных материалов : учебное пособие / Николаев А. Ф., Крыжановский В. К., Бурилов В. В. [и др.] ; под общей редакцией В. К. Крыжановского. – Санкт-Петербург : ЦОП Профессия, 2011. – 534 с.
2. Зелке, С. Пластиковая упаковка : перевод с английского / С. Зелке, Д. Кутлер, Р. Хернандес ; под ред. А. Л. Загорского, П. А. Дмитрикова. – 2-го изд. (Plastics Packaging) – Санкт-Петербург : ЦОП Профессия, 2011. – 560 с.
3. Брукс, Д. Производство упаковки из ПЭТ/ пер. с англ. (PET Packaging Technology) / Брукс Д., Джайлз Дж. А. ; под редакцией О. Ю. Сабсая – Санкт-Петербург : ЦОП Профессия, 2010. – 368 с.

*T.A. Polyakov, O.A. Povarova
Cherepovets State University*

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR OBTAINING FOAMED STRUCTURAL PLASTIC FROM PET CONTAINERS

This article reviews the intermediate results of the development of technology for obtaining structural porous plastic from PET containers. The comparative analysis of the results of research of new material samples and samples of traditional foamed materials used for construction, as well as an overview of such materials and methods for their production was conducted.

Foamed plastic, matrix, PET, research, foaming agent.



А.А. Сеницын, О.В. Стратунов, Д.В. Басков
Вологодский государственный университет

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В работе рассмотрены основные результаты инструментального анализа энергетической и технологической эффективности производства, связанного с пропариванием железобетонных изделий в пропарочных камерах, работающих на насыщенном водяном паре.

Железобетонные конструкции, пропарочная камера, термовлажностная обработка, энергетическая эффективность, энергосберегающие мероприятия.

Заводы сборного железобетона относятся к числу предприятий, на которых санитарно-гигиенические условия труда и техника безопасности являются не только важным критерием для производительности труда – они обеспечивают сохранение здоровья каждого работника. В целях сокращения сроков распалубки железобетонных конструкций и сдачи их под нагрузку строители всегда стремились ускорить твердение бетона. Этот вопрос приобрел особую актуальность при изготовлении бетонных и железобетонных изделий в заводских условиях, так как предприятия заинтересованы в максимальном использовании производственных площадей и в сокращении сроков изготовления изделий.

В настоящее время наиболее распространенным способом ускорения твердения бетона, позволяющим получать в короткий срок изделия с отпускной прочностью, при которой их можно транспортировать на строительную площадку и монтировать в зданиях и сооружениях, является тепловая обработка. В заводских условиях она осуществляется путем пропаривания изделий в пропарочных камерах. При пропаривании сформованные изделия выдерживаются в камере в среде насыщенного пара до достижения бетоном заданной прочности. В пропарочной камере создается не только благоприятная температура для ускоренного твердения (в пределах 60–100 °С), но и оптимальная влажность среды, способствующая сохранению влаги в бетоне для его дальнейшего твердения и после окончания пропаривания.

Эффективность пропаривания, как и других видов тепловой обработки, определяется выбором рационального режима обработки в полном соответствии с принятым составом бетона, характеристикой составляющих материалов, особенностью цемента, размерами и конфигурацией изделия, начальной прочностью бетона к моменту обработки и др.

Для формирования структуры бетона особенно важными являются влажностные условия твердения, поэтому во многих случаях следует отдать предпочтение тепловлажностной обработке железобетонных изделий. При этом особо важной задачей является разработка технологической карты

обработки изделий при соблюдении техники безопасности и охраны труда.

Основная деятельность работников предприятий по производству железобетонных конструкций производится в строгом соответствии с требованиями Типовой инструкции по охране труда для формовщика железобетонных изделий и конструкций ТОИ Р-218-53-95, утвержденной Федеральным дорожным департаментом Минтранса РФ 5 декабря 1994 г., а также Правилами устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды (утв. постановлением Госгортехнадзора РФ от 11 июня 2003 г. № 90).

Заводы сборного железобетона относятся к числу предприятий, на которых санитарно-гигиенические условия труда и техника безопасности являются не только важным критерием для производительности труда – они обеспечивают сохранение здоровья каждого работника. В целях сокращения сроков распалубки железобетонных конструкций и сдачи их под нагрузку строители всегда стремились ускорить твердение бетона. Этот вопрос приобрел особую актуальность при изготовлении бетонных и железобетонных изделий в заводских условиях, так как предприятия заинтересованы в максимальном использовании производственных площадей и в сокращении сроков изготовления изделий.

В работе представлены основные результаты определения технологических условий тепловлажностной обработки железобетонных изделий в пропарочных камерах ямного типа предприятия СП «Вологодский завод ЖБК и СД» ОАО «РЖД».

Предприятие специализируется на производстве изделий из бетона для использования в строительстве несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений, а также временных вспомогательных сооружений.

В соответствии с договором на выполнение НИР № 20-12 от 30.11.18 г. «Исследование системы пароснабжения предприятия и разработка мероприятий по повышению ее эффективности», проведен энергоаудит комплекса производственных паропотребителей.

Для полигона тепловлажностной обработки железобетонных изделий проведено сопоставление факти-

ческих данных по расходу водяного пара на производство бетона, т/ч, с расчетными значениями, полученными с применением инженерной методики [1]. Данные методические указания по проведению конструктивного и теплотехнического расчета ямной пропарочной камеры применяются в научно-образовательном процессе НОЦ «Проблемы современной техносреды». С подобного типа работами НОЦ можно ознакомиться в предыдущих публикациях, например в [2, 3].

Среди применяемых в работе методов выделены следующие. Методы проведения анализа технического объекта основывались на принципах системного подхода. Под технической системой в настоящей работе понималась взаимосвязь основных ее элементов – источника, комплекса потребителей и распределительных связей. Структура технической системы определялась составом ее основных элементов и способами их связей. Множество всех возможных состояний системы зависело от числа элементов и определялось уровнями связей между ними, а также функциями технической системы. При этом метод декомпозиции применялся для решения сложной технической задачи анализа эффективности системы пароснабжения предприятия и сводился к расчленению системы на подсистемы и отдельные элементы с целью их детального исследования с последующим их синтезом. Метод моделирования имел в работе наибольшее значение в силу специфики конструирования технического объекта. В цикл моделирования включены этапы создания модели технического объекта, исследование модели, преобразование модели и переход от модели к техническому объекту. На этом этапе моделирования были установлены правила соответствия, выражающие соотношения между свойствами реального технического объекта и свойствами математических объектов. Подобные методы ярко отражены в работах [4, 5].

Наиболее важной составной частью данных научных исследований являются экспериментальные работы. Для их проведения разработана гипотеза, создана программа экспериментальных работ, обеспечены условия для осуществления процедуры экспериментальных работ, разработаны пути и приемы фиксирования хода и результатов эксперимента и подготовлены средства эксперимента, а также выполнена обработка и анализ экспериментальных данных.

Потери теплоты через ограждающие конструкции в кДж/период рассчитываются по общей формуле:

$$Q_n = 3,6 \cdot S_{\text{огр}} \cdot \alpha_n \cdot (t_{\text{нп}} - t_c) \cdot \tau, \quad (1)$$

где $S_{\text{огр}}$ – площадь наружной поверхности ограждающих конструкций камеры, м²;

α_n – коэффициент теплоотдачи от наружных поверхностей, Вт/(м²·°C);

$t_{\text{нп}}$ – средняя температура наружной поверхности ограждающих конструкций, °C;

t_c – температура среды, °C;

τ – время работы установки, ч.

Поскольку при работе камеры зачастую температуры наружной поверхности стен, днища и крышки неодинаковы, и, кроме того, эти температуры различ-

ны в периоды подъема и изотермической выдержки, то потери теплоты определяются по формуле:

$$Q_n = Q_k + Q_c^B + Q_c^r + Q_e, \quad (2)$$

или

$$Q_n = 3,6 \cdot \{ S_k \cdot [\alpha_{\text{нп}}^{\text{кп}} \cdot (t_{\text{нп}}^{\text{кп}} - t_c) \cdot \tau_{\text{п}} + \alpha_{\text{нп}}^{\text{кб}} \cdot (t_{\text{нп}}^{\text{кб}} - t_c) \cdot \tau_{\text{б}}] + S_c^B \cdot [\alpha_{\text{нп}}^{\text{сн}} \cdot (t_{\text{нп}}^{\text{сн}} - t_c) \cdot \tau_{\text{п}} + \alpha_{\text{нп}}^{\text{сб}} \cdot (t_{\text{нп}}^{\text{сб}} - t_c) \cdot \tau_{\text{б}}] + S_c^r \cdot [k^{\text{пс}} \cdot (t_{\text{б}}^{\text{п}} - t_r) \cdot \tau_{\text{п}} + k^{\text{бс}} \cdot (t_{\text{б}} - t_r) \cdot \tau_{\text{б}}] + S_d \cdot [k^{\text{пл}} \cdot (t_{\text{б}}^{\text{п}} - t_r) \cdot \tau_{\text{п}} + k^{\text{бл}} \cdot (t_{\text{б}} - t_r) \cdot \tau_{\text{б}}] \}, \quad (3)$$

где S_k , S_c^B , S_c^r , S_d – площади наружной поверхности крышки, стен выше и ниже нулевой отметки, днища соответственно, м²;

$\alpha_{\text{нп}}^{\text{кп}}$, $\alpha_{\text{нп}}^{\text{сн}}$ – коэффициенты теплоотдачи с поверхности крышки и стен, находящихся выше нулевой отметки в период подъема температуры Вт/м²·°C.

$$\alpha_{\text{нп}}^{\text{сн}} = 9,8 + 0,07 \cdot (t_{\text{нп}}^{\text{сн}} - t_c), \quad (4)$$

где $t_{\text{нп}}^{\text{сн}}$ – средняя температура на поверхности стен в период подъема температуры;

$\alpha_{\text{нп}}^{\text{сб}}$, $\alpha_{\text{нп}}^{\text{кб}}$ – коэффициенты теплоотдачи с поверхности стен, находящихся выше нулевой отметки и крышки в период выдержки температуры, Вт/м²·°C. Например, для стен:

$$t_{\text{нп}}^{\text{сн}} = \frac{(t_{\text{нп1}} + t_{\text{нп2}})}{2}, \quad (5)$$

аналогично определяется $\alpha_{\text{нп}}^{\text{кп}}$.

$\alpha_{\text{нп}}^{\text{кб}}$, $\alpha_{\text{нп}}^{\text{сб}}$ – коэффициенты теплоотдачи с поверхности крышки и стен, находящихся выше нулевой отметки в период выдержки температуры, Вт/м²·°C. Например, для стен:

$$\alpha_{\text{нп}}^{\text{сб}} = 9,8 + 0,07 \cdot (t_{\text{нп}}^{\text{сб}} - t_c), \quad (6)$$

где $t_{\text{нп}}^{\text{сб}}$ – температура на наружной поверхности стен в период изотермической выдержки, °C ($t_{\text{нп}}^{\text{сб}} = t_{\text{нп2}}$);

t_c , t_r – температура среды в цехе и грунта, °C;

$k^{\text{пс}}$, $k^{\text{пл}}$ – коэффициенты теплопередачи от внутреннего пространства камеры в грунт в период подъема температуры, Вт/м²·°C.

Теплота, выделяемая цементом в процессе термовлажностной обработки, кДж/кг, определяется по формуле:

$$Q_{\text{ц}} = 1,85 \cdot Q_{\text{ц28}} \cdot (B/\text{Ц})^{0,44} \cdot (1 - \epsilon), \quad (7)$$

где $Q_{\text{ц28}}$ – тепловыделение цемента при двадцативосьмидневном твердении в нормальных условиях, кДж/кг;

B – расход воды на 1 м³ бетона, кг;

Ц – масса цемента в 1 м³ бетона, кг;

ϵ – величина, зависящая от градусо-часов (n) твердения бетона.

Если количество градусо-часов (n) не превышает 375, то $\epsilon = e^{-0,0015n}$ и принимает вид:

$$Q_{\text{ц}} = 1,85 \cdot Q_{\text{ц28}} \cdot (B/\text{Ц})^{0,44} \cdot (1 - e^{-0,0015n}), \quad (8)$$

а если $375 < n < 2000$, то $\epsilon = 0,666 \cdot e^{-0,0004n}$, принимает вид:

$$Q_{\text{ц}} = 1,85 \cdot Q_{\text{ц28}} \cdot (B/\text{Ц})^{0,44} \cdot (1 - 0,666 \cdot e^{-0,0004n}). \quad (9)$$

Инженерный расчет позволил определить расход тепловой энергии на тепловую обработку материалов и изделий, в том числе расход пара по загрузке бетона и габаритным размерам форм для изготовления бетонных и железобетонных изделий, а также внутрен-

ним размерам ямной пропарочной камеры и ее заглубления в грунт с учетом конструктивных особенностей стен, днища и крышки камеры.

Диаграмма сопоставления фактических удельных расходов пара на производство бетона, т/ч, с расчетными данными по методике [1] представлена на рисунке 1.

В соответствии с данным рисунка 1 делается вывод об адекватности математической модели и инженерной методики фактическим данным по расходу водяного пара на производство, полученным по при-

бору учета (расчетная линия практически повторяет динамику значений по прибору учета). Индикаторная диаграмма (рис. 2) позволила установить, что диапазон наиболее часто встречающихся значений фактических удельных расходов пара на производство бетона составляет 0,38...0,75 т/ч.

Расчеты показали снижение расхода пара при увеличении степени загрузки пропарочной камеры, которую можно описать степенной функцией с точностью корреляции 0,66 (рис. 3).

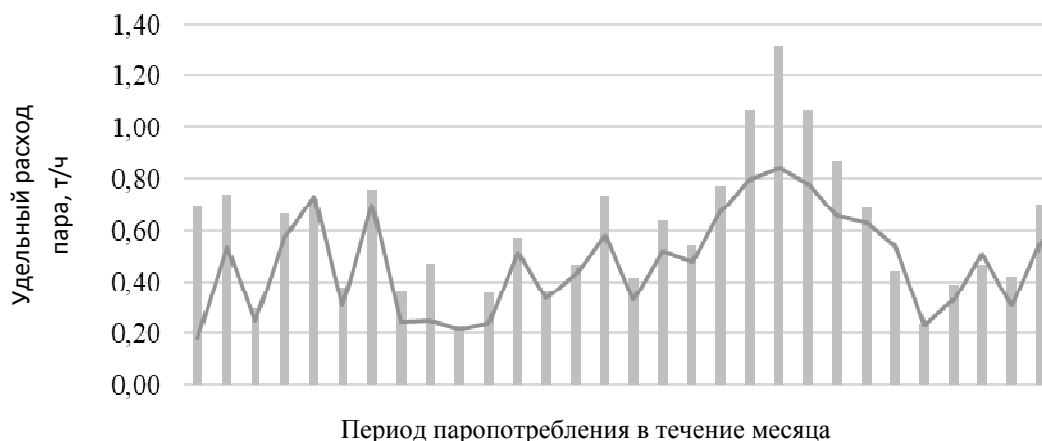


Рис. 1. Диаграмма сопоставления фактических удельных расходов пара (столбцы) на производство бетона, т/ч, с расчетными данными (ломаная линия) по методике [1]

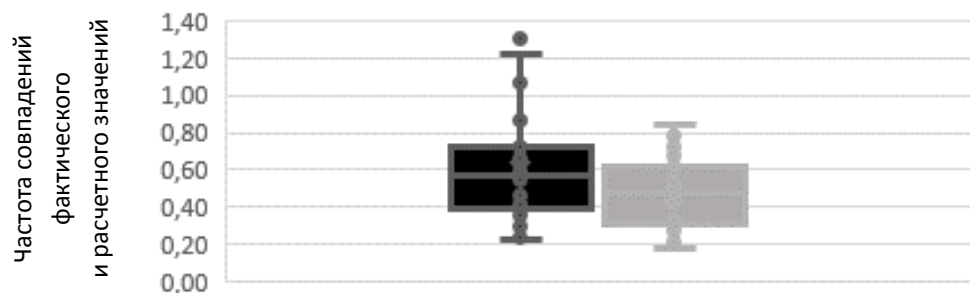


Рис. 2. Индикаторная диаграмма частоты совпадения значений фактических (темный цвет) и расчетных (серый цвет) удельных расходов пара на производство бетона, т/ч

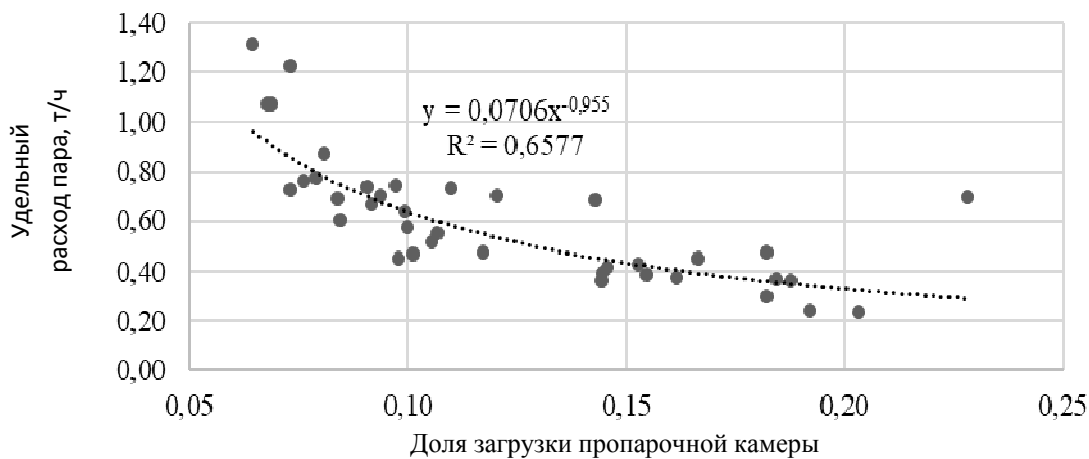


Рис. 3. Диаграмма зависимости удельного расхода пара, т/ч, от загрузки пропарочной камеры

Подобный анализ выполнен для ЖБЦ при тепло-влажностной обработке железобетонных изделий.

Выводы по результатам анализа информации по ЖБЦ позволяют также подтвердить сходимость математической модели и инженерной методики с фактическими данными по расходу водяного пара, при этом диапазон наиболее часто встречающихся значений фактических удельных расходов пара на производство бетона составляет 0,35...0,45 т/ч. Снижение расхода пара при увеличении степени загрузки пропарочной камеры также подтверждено, при этом точность корреляции составила 0,75.

Данные расчеты позволили сформировать основные технологические показатели процесса тепло-влажностной обработки железобетонных изделий, а также дать рекомендации по технологической безопасности проведения работ, связанных с использованием насыщенного пара, а также санитарно-гигиенические требования к производственным процессам и технологическому оборудованию предприятий сборного железобетона.

Сформированы рекомендации по осуществлению производственных процессов в соответствии с требованиями безопасности по ГОСТ 12.3.002-81, а также использованию производственного оборудования в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.003-74.

Также отмечено, что камеры твердения ямного типа должны быть оборудованы гидравлическими затворами или другой специальной конструкцией, обеспечивающей герметичность соединения крышки с камерой для предотвращения выделения пара, при этом рабочее давление среды в камере не должно превышать указанное в режимной карте. Камеры, находящиеся внутри закрытых помещений, должны быть оборудованы системой парогашения или вытяжной вентиляцией, при этом все камеры (полигона и ЖБЦ) должны быть оборудованы приборами, контролирующими температуру среды в ней.

Результаты определения расходов тепловой энергии и водяного пара на производственные нужды позволили провести сопоставление расчетных и фактических расходов технологической линии предприятия. К примеру, в таблице приведен сравнительный анализ фактических данных коммерческого узла учета и результатов расчета тепловых нагрузок потребления на 28.02.19 г. и 02.03.19 г. (дни с сопоставимыми технологическими нагрузками).

Таблица

Сравнительный анализ фактических данных коммерческого узла учета и результата расчета тепловых нагрузок потребления

Дата	Температура наружного воздуха, °С	Технологический блок предприятия	Фактические данные	Расчетные данные	Отклон.
1	2	3	4	5	6
28 февраля 2019 г.	+1	Полигон	3,83	2,94	23 %
		ЖБЦ	8,42	9,43	12 %
02 марта 2019 г.	-8	Полигон	3,85	3,12	19 %
		ЖБЦ	7,58	7,26	4 %

На основании сопоставления данных можно говорить о том, что в целом расчетные и фактические значения совпадают в пределах отклонения не более 23 % для исследуемых режимов загрузки системы паропотребления, что показывает соответствие осуществленного производства рекомендуемым технологическим режимам.

При исследовании вопроса оценки эффективности энергоиспользования при тепло-влажностной обработке бетона, установлено, что эффективность работы пропарочных камер зависит от многих внешних и внутренних факторов. Тепловую эффективность производства сборного бетона можно существенно повысить, снизив тепловые потери, связанные с неудовлетворительным состоянием пропарочных камер, тепловых сетей, запорной арматуры и средств контроля расхода пара.

Анализ распределения расхода тепловой энергии в пропарочных камерах ООО «Завод ЖБК ВСЗ» показал, что наибольшая доля тепловой энергии идет на нагрев ограждающих конструкций (54 %) и восполнение потерь теплоты через ограждающие конструкции (23 %).

По итогам обследования разработаны и предложены мероприятия по повышению эффективности существующей системы пароснабжения предприятия.

Актуальность работы обусловлена потребностью предприятия в повышении энергетической эффективности собственного производства, результаты которой могут стать основой для принятия технических решений и мероприятий по экономии энергоресурсов и снижения себестоимости продукции.

Данная работа стала продолжением комплексных исследований эффективности промпредприятий Вологодской области научно-образовательным центром «Современные проблемы техносреды» Вологодского государственного университета, выполнявшим ранее хозяйственные работы по проведению первичных энергетических обследований зданий и сооружений предприятий СП Вологодский завод ЖБКиСД СМТ № 5 филиал ОАО «РЖД» (Вологда), СХПК «Плептица-Можайское» (Вологодский район), ОАО «Солдек» и «Соколостром» (Сокол), СХПК АПК «Надеево» (Вологодский район), а также ОАО «Северный коммунары» (Вологда), результаты которых отражены в работах [5–8].

Авторский коллектив искренне благодарит сотрудников энергетического сектора предприятия за предоставленные материалы и оказанную ими неоценнимую помощь при проведении инструментального исследования системы пароснабжения технологического участка.

Литература

1. Корюкин, С. И. Основы проектирования систем теплоснабжения : учебное пособие к курсовым и дипломным проектам / С. И. Корюкин, А. А. Синицын. – Вологда : ВоГТУ, 2013. – 71 с.
2. Regional management of district heating / Sovetova N., Sinityn A., Tritenko E., Derevianko O., Mukhametova L., Fedukhin A., Makoev S., Kalyutik A. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Collection of materials International Scientific and Practi-

cal Conference. Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. – IOP Publishing Ltd. – P. 012121.

3. Sinitsyn, A. Practical applicability of the method for measuring pressure of controlled medium on the example of a pulsating combustion boiler / Sinitsyn A., Mukhametova L. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Proceedings of the Conference the international scientific conference "Efficient waste treatment – 2018" (EWT-2018). 2019). – IOP Publishing Ltd. – P. 012063.

4. Small-scale steam generation from local solid waste / Cauich-López D. A., Barrera Payan L. F., Abdelhalim A. M. N., Socolova E., Sinitsyn A.A., Akhmetova I.G. // International Journal of Civil Engineering and Technology. – Vol. 10, № 2. – 2019.

5. Sinitsyn, A. A. Experience of small innovative enterprises foundation in the Vologda region / Sinitsyn A. A. //

Middle East Journal of Scientific Research. – Vol. 16, № 10. – 2013.

6. Sinitsyn, A. A. Application of the us small innovative business model in case of research and education center "Теплоэнергетика" / Sinitsyn, A. A. // Problems and trends of economy and management in the modern world Proceedings of the International Conference. – Kirov, 2012. – P. 537–541.

7. Специфика определения энергетического пространства состояния предприятия / Петухов В. В., Синецын А. А., Игонин В. И., Корюкин С. И. // Вузovская наука – региону. – Вологда, 2004. – С. 445–447.

8. Шитова, В. П. Особенности представления экспериментальных данных через потоки и силы в теплотехническом объекте / Шитова В. П., Синецын А. А., Игонин В. И. // Молодые исследователи – региону. – Вологда, 2004. – С. 253–254.

A.A. Sinitsyn, O.V. Stratunov, D.V. Baskov
Vologda State University

RESULTS OF ENERGY EFFICIENCY ASSESSMENT OF THE ENTERPRISE THAT PRODUCES REINFORCED CONCRETE PRODUCTS

The paper considers the main results of instrumental analysis of energy and technological efficiency of production associated with steaming of reinforced concrete products in steaming chambers operating on saturated water vapor.

Reinforced concrete products, steaming chamber, heat and humidity treatment, energy efficiency, energy-saving measures.



УНИФИКАЦИЯ ШАБЛОНА ПРОЕКТА ПРИ ПОСТРОЕНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТИПОВОГО ОБЪЕКТА ВОЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В статье описан один из возможных путей решения актуальной практической задачи, заключающейся в повышении качества проектно-изыскательских работ и сокращении времени, необходимого на их проведение. Показана актуальность применения в строительстве типовых решений. Рассматривается возможность применения методов информационного моделирования и использования унифицированных шаблонов специализированного программного обеспечения.

Проект, экспертиза, информационная модель, типовые объекты, унифицированный шаблон, военная инфраструктура.

С целью сокращения сроков и затрат на строительство объектов военной инфраструктуры в интересах Минобороны России осуществлен переход на типовые решения при проведении проектно-изыскательских работ (ПИР). Для этого были проанализированы все проекты, которые получили положительное заключение экспертизы, разработаны единые стандарты и типовой ряд проектов [1].

В настоящее время в ВС РФ составлен и утвержден каталог проектов повторного применения. В нем собрана вся информация как для формирования облика военного городка в целом, так и для подбора отдельных зданий по исходным параметрам. Каталог постоянно актуализируется и включает более 300 проектов [2]. Наиболее актуальные типовые объекты военной инфраструктуры приведены в таблице [3].

Практика показывает, что применение типовых решений позволяет сократить сроки ПИР, уменьшить

срок прохождения Государственной экспертизы, а также сократить затраты на проведение изыскательских работ [4].

Наряду с типовыми решениями существенный вклад в сокращение сроков проведения ПИР вносит применение информационного моделирования (ИМ) проектируемых объектов (к примеру, на базе специализированного программного обеспечения Autodesk Revit). Основой технологии ИМ зданий и сооружений служит разработка и использование виртуальной модели объекта строительства в виде трехмерной информационной модели и совокупности связанных с ней документов. Такая модель возникает на ранних этапах проекта, развивается по ходу его реализации, пополняется информацией, которая используется различными участниками проекта в зависимости от их роли и решаемых задач.

Таблица

Типовые объекты Министерства обороны Российской Федерации

№ п/п	Размещение	Типовые объекты
1.	Казарменная зона	Штаб, учебные корпуса, казармы, солдатские общежития, солдатская и офицерская столовые, клуб воинской части, спортивный корпус, медицинский пункт, солдатский комбинат бытового обслуживания, магазин, караульное помещение, контрольно-пропускной пункт.
2.	Зона парка техники и вооружения	Пункт предварительной чистки гусеничных машин, контрольно-технический пункт, пункт заправки, пункт чистки и мойки машин, пункт ежедневного технического обслуживания, пункт технического обслуживания и ремонта, аккумуляторно-зарядная станция, водогрейка, сооружения и площадки для освидетельствования грузоподъемных механизмов, сосудов и приборов, склады ЗИП и лакокрасочных материалов, сооружения для хранения техники и вооружения, бытовые помещения, контрольно-пропускной пункт.
3.	Жилая зона	Жилые дома квартирного типа, общежития для несемейных и малосемейных офицеров, прапорщиков, рабочих и служащих ВС РФ, общежития для семейных солдат, матросов, сержантов и старшин, проходящих службу по контракту, общежития для военнослужащих-женщин, общеобразовательные школы, детские дошкольные и медицинские учреждения, продовольственные и промтоварные магазины военорга, предприятия бытового обслуживания, клуб (кинотеатр), библиотека, административные учреждения, отделения связи.
4.	Хозяйственная зона	Хозяйственные мастерские, хлебопекарня, баня, прачечная, комбинат бытового обслуживания, электростанция и центральная котельная.
5.	Складская зона	Хранилища продовольствия, вещевого имущества и промышленных товаров, склады твердого топлива, горюче-смазочных материалов, боеприпасов и взрывчатых веществ.

Информационная модель дает возможность планировать будущий объект и выполнять анализ его характеристик на ранних стадиях, когда есть возможность вносить изменения и оптимизировать различные параметры без ущерба для бюджета проекта. Проектирование и строительство здания или сооружения в виртуальной среде позволяет выявить множество проектных ошибок, определить оптимальный способ производства тех или иных строительных работ и способствует повышению качества, обоснованности и оперативно-управленческих решений.

Наряду с эффективностью применения ИМ проектируемых объектов в настоящее время остаются актуальными сложности, связанные с полноценным внедрением технологий трехмерного проектирования при разработке архитектурно-строительных решений, к которым относятся следующие [5]:

- отсутствуют готовые ранее разработанные проектные решения в виде готовых запроектированных конструкций;

- существующее специализированное программное обеспечение не обеспечивает исполнения требований российских нормативных документов в части проектирования и оформления документации;

- прочностные расчеты строительных конструкций выполняются в специализированных программных комплексах (требуется дополнительные трудозатраты по доработке аналитических расчетных схем);

- оформление чертежей для прохождения Государственной экспертизы без замечаний к проектной документации невозможно в полном объеме ни в одной из САПР, что влечет за собой рост трудозатрат для доработки чертежей;

- в Российской Федерации проектные работы по Постановлению Правительства № 87 от 16.02.2008 г. выполняются в две стадии (разработка проектной документации и разработка рабочей документации), а существующие САПР предназначены для одностадийного проектирования;

- исходные инженерные данные невозможно импортировать в трехмерном виде и в виде инженерных данных в существующие САПР;

- разработка трехмерных и информационных моделей по всем требованиям заказчиков требует от проектировщиков значительных трудозатрат, и в результате падает производительность;

- проектная (рабочая) документация разрабатывается согласно существующим методикам и без учета использования технологий трехмерного проектирования.

Учитывая все сложности технологии ИМ объектов и несомненной эффективности ее применения на всех этапах строительства, а также тенденции применения типовых решений при строительстве военных объектов, предлагается создание и применение унифицированных шаблонов для проектирования в специализированном программном обеспечении Autodesk Revit при построении информационной модели типового объекта военной инфраструктуры.

Унифицированный шаблон проекта – это шаблон, созданный на основе стандартного шаблона проекта в Revit, в котором созданы и применены компоненты, характерные для определенного типа объекта.

Для приведения стандартного шаблона к унифицированной форме его необходимо наполнить пользовательскими компонентами, характерными для определенного типа объекта. Существуют следующие основные пути осуществления данного замысла:

- первый вариант – это создание шаблона проекта с нуля, когда требуется учитывать наперед все нюансы проекта и четко представлять структуру необходимых элементов в шаблоне, что увеличивает вероятность ошибок и неточностей в проекте;

- второй – применение уже созданного пользовательского шаблона для объекта схожего по типу. Сторонний шаблон всегда требует адаптации, и это приведет к большим трудозатратам, чем создание шаблона с нуля;

- третий – создание шаблона на основе выполненного и получившего положительное заключение проекта.

Стандартный шаблон представляет собой файл с расширением «.rte», используемый для создания новых проектов [6] и содержащий ряд настроек параметров проекта и семейств, таких как:

- иерархия диспетчера проекта;
- настроенные системные семейства;
- загружаемые семейства;
- шаблоны видов;
- файлы общих параметров;
- шаблоны ведомостей и спецификаций;
- единицы измерения;
- семейства аннотаций;
- штриховки;
- стили и веса линий.

По умолчанию в Revit имеется несколько стандартных шаблонов для различных категорий проекта (шаблон строительства, архитектурный шаблон, шаблон несущей конструкции, шаблон механического оборудования). Создание такого шаблона производится следующим образом:

- создается новый файл на основе «Архитектурного шаблона»;

- в «Свойствах типа» выбирается детальная настройка текста и вводится название собственного стиля (например, по типу объекта);

- настраиваются все необходимые параметры текста (шрифт текста, размер текста, размер отступа и коэффициент сжатия);

- сохраняется настроенный файл как шаблон.

Процесс создания проекта в общем виде заключается в следующем:

- создается новый проект на основе стандартного шаблона;

- задаются параметры проекта (материалы, образцы штриховки, стили объектов, линий, размерные стили, марки, временные размеры, уровни детализации, организация Браузера проекта, дополнительные параметры проекта);

- к существующим добавляются требуемые новые уровни;
- создается эскиз наружных и внутренних стен здания;
- наносятся размеры, добавляются и изменяются двери и окна;
- добавляются эскизные компоненты, такие как пол, потолок, лестницы и крыша;
- выполняется тонирование модели;
- формируется документация модели здания;
- на чертежи добавляются спецификации и виды.

Настройки параметров проекта выполняются в соответствии с техническим заданием на строительство типового объекта военной инфраструктуры.

На основе разработанного проекта, как уже рассматривалось выше, существует возможность создания унифицированного шаблона, соответствующего определенному типовому объекту, в рамках которого разрабатывалась информационная модель. Реализуется такая возможность путем удаления из проекта всех геометрических объектов и сохранением пустого проекта в качестве шаблона.

Построение унифицированного шаблона таким путем занимает достаточно много времени, но вместе с тем гарантирует соблюдение стандартов проектирования и компенсирует затраченное время пропуском этапа начальной настройки при разработке новых проектов.

Таким образом, предложенный подход создания унифицированных шаблонов на основе готовых проектов и применение их для проектирования типовых военных объектов с учетом особенностей мест строительства, требований заказчика и т.п. позволит существенно сократить трудозатраты на создание ИМ при проведении ПИР и сроки проектирования, повысить качество проектной документации и обеспечить ее соответствие требованиям руководящих документов.

Также унификация шаблонов проекта дает возможность совместной работы, что обеспечит многопользовательский доступ и эффективную работу над крупными проектами, совместную работу специалистов различных дисциплин.

Литература

1. Каталог типовых зданий для обустройства военных объектов. – URL: https://function.mil.ru/news_page/country/more.htm?id=12202898%44egNews (дата обращения: 15.04.2020). – Текст : электронный.
2. Типовые решения, применяемые при строительстве объектов общеобщественного, специального военного, социального и культурно-бытового назначения // Спецстрой России. – Москва. – 2013 г.
3. ВСН 34-94. Минобороны РФ Планировка и застройка военных городков : ведомственные строительные нормы : введен 01.01.1995. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 12.10.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Бочаров, А. Ю. Особенности и проблемы применения типовой проектной документации / А. Ю. Бочаров, О. А. Мамаева, М. В. Сердюк // Градостроительство и архитектура. – 2016. – № 4 (25). – С. 5–12.
5. Российский опыт информационного моделирования (BIM) в строительстве. – URL: <http://integral-russia.ru/2019/07/03/rossijskij-opyt-informatsionnogo-modelirovaniya-v-stroitelstve-praktika-vnedreniya> (дата обращения: 17.04.2020). – Текст : электронный.
6. Создание шаблона проекта Autodesk. – URL: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2019/RUS/?guid=GUID-4C16B54A-7ADA-4DEB-A278-C199B1BC4207> (дата обращения: 29.04.2020). – Текст : электронный.

A.V. Sitnikov

Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky

TO THE QUESTION OF UNIFICATION OF THE PROJECT TEMPLATE WHEN CONSTRUCTING AN INFORMATION MODEL OF A MILITARY INFRASTRUCTURE TYPICAL OBJECT

The article describes one of the possible ways to solve the urgent practical problem, which consists of improving the quality of design and survey work and reducing the time required for their implementation. The possibility of using typical solutions in construction is shown. The possibility of applying information modeling methods and using standardized templates of specialized software is being considered.

Project, examination, information model, standard objects, unified template, military infrastructure.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Басков Дмитрий Владимирович

магистрант кафедры теплогазоводоснабжения Вологодского государственного университета (Вологда, Россия)

baskovdm@gmail.com

Булат Анатолий Дмитриевич

кандидат технических наук, доцент, главный конструктор ООО НПК «АкваПротех» (Краснодар, Россия)

bulat19542bulat@yandex.ru

Булгаков Шамиль Эмруллович

кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного и гражданского строительства Вологодского государственного университета (Вологда, Россия)

111bu@rambler.ru

Бобков Николай Львович

генеральный директор ООО НПК «АкваПротех» (Краснодар, Россия)

bobkov.arktika@mail.ru

Водовозов Александр Михайлович

кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой управляющих и вычислительных систем Вологодского государственного университета (Вологда, Россия)

am.vodovozov@gmail.com

Глазов Алексей Дмитриевич

магистрант кафедры автоматизации и управления Пензенского государственного университета (Пенза, Россия)

d_glaz@bk.ru

Григорьев Александр Владимирович

директор ООО «Гарда» (Вологда, Россия)

aleksandr04111976@rambler.ru

Громов Вадим Иванович

обучающийся Института машиностроения энергетики и транспорта Вологодского государственного университета (Вологда, Россия)

granadoespada25@gmail.com

Кабанов Евгений Анатольевич

кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного и гражданского строительства Вологодского государственного университета (Вологда, Россия)

ea.kabanov@mail.ru

Козин Дмитрий Юрьевич

обучающийся Института машиностроения энергетики и транспорта Вологодского государственного университета (Вологда, Россия)

dimakozin@gmail.com

Корнеев Андрей Петрович

старший преподаватель кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок Белорусско-Российского университета (Могилев, Республика Беларусь)

AnKorn@tut.by

Корытов Иван Павлович

обучающийся Института машиностроения энергетики и транспорта Вологодского государственного университета (Вологда, Россия)
toreonify@outlook.com

Кручинин Илья Алексеевич

магистрант кафедры автоматизации и управления Пензенского государственного университета (Пенза, Россия)
Kru444inen@mail.ru

Литовченко Олег Владимирович

технический директор ООО НПК «АкваПротех» (Краснодар, Россия)
oleg.lit@mail.ru

Никитина Елена Михайловна

старший преподаватель кафедры архитектуры и градостроительства Вологодского государственного университета (Вологда, Россия)
elniki1@yandex.ru

Обрубов Владимир Александрович

кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по науке Тольяттинского филиала РАНХиГС при Президенте РФ (Тольятти, Россия)
obrubov@mail.ru

Пикалев Олег Николаевич

кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства Вологодского государственного университета (Вологда, Россия)
pon.71@mail.ru

Плеханов Сергей Александрович

технический директор ООО «Системы и технологии» (Вологда, Россия)
aston.hyper@gmail.com

Поварова Ольга Александровна

старший преподаватель кафедры строительства Инженерно-технического института Череповецкого государственного университета (Череповец, Россия)
boliaa@mail.ru

Поляков Тимофей Александрович

обучающийся Инженерно-технического института Череповецкого государственного университета (Череповец, Россия)
polyackov.t@yandex.ru

Попов Игорь Павлович

старший преподаватель кафедры технологии машиностроения, металлорежущих станков и инструментов Курганского государственного университета (Курган, Россия)
ip.porow@yandex.ru

Семенов Анатолий Дмитриевич

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры автоматизации и управления Пензенского государственного университета (Пенза, Россия)
d_glaz@bk.ru

Синицын Антон Александрович

кандидат технических наук, заведующий кафедрой теплогазоводоснабжения Вологодского государственного университета» (Вологда, Россия)
sinitsynaa@vogu35.ru

Ситников Алексей Витальевич

начальник лаборатории Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского (Санкт-Петербург, Россия)
sitnikov-515@mail.ru

Смирнов Петр Ильич

старший преподаватель кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства Вологодского государственного университета (Вологда, Россия)
petrsm@

Стратунов Олег Владимирович

заместитель руководителя СПР по НИОКР ООО «Александра-Плюс», старший преподаватель кафедры теплогазоводоснабжения Вологодского государственного университета» (Вологда, Россия)
stratunovov@vogu35.ru

Трушин Николай Николаевич

доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения Тульского государственного университета (Тула, Россия)
trunikolaj@yandex.ru

Филенков Владимир Михайлович

кандидат технических наук, доцент Тольяттинского филиала РАНХиГС при Президенте РФ (Тольятти, Россия)
polkovnik-feliks@mail.ru

Швецов Анатолий Николаевич

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информатики и информационных технологий Вологодского государственного университета (Вологда, Россия)
smithv@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Baskov Dmitry Vladimirovich

Master student of the Department of Heat, Gas and Water Supply, Vologda State University (Vologda, Russia)
baskovdm@gmail.com

Bulat Anatoly Dmitrievich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, the main designer of scientific production company AquaProtech LLC (Krasnodar, Russia)
balashovegor2013@yandex.ru

Bulgakov Shamil Emrulloevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial and Civil Construction, Vologda State University (Vologda, Russia)
111bu@rambler.ru

Bobkov Nikolay Lvovich

Director General of scientific production company AquaProtech LLC (Krasnodar, Russia)
bobkov.arktika@mail.ru

Vodovozov Aleksandr Mikhailovich

Candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Controlling and Computing Systems, Vologda State University (Vologda, Russia)
amvodovozov@gmail.com

Glazov Aleksey Dmitrievich

Master student of the Department of Automation and Control, Penza State University (Penza, Russia)
d_glaz@bk.ru

Grigoryev Aleksandr Vladimirovich

Director of Garda LLC (Vologda, Russia)
aleksandr04111976@rambler.ru

Gromov Vadim Ivanovich

Student of the Institute of Machine Building, Power Engineering and Transport, Vologda State University (Vologda, Russia)
granadoespada@gmail.com

Kabanov Evgeny Anatolyevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial and Civil Engineering Vologda State University (Vologda, Russia)
eakabanov@mail.ru

Kozin Dmitry Yurievich

Student of the Institute of Machine Building, Power Engineering and Transport, Vologda State University (Vologda, Russia)
dimakozin@gmail.com

Korneev Andrey Petrovich

Senior Lecturer of the Department of Electric Drive and Automation of Industrial Installations, Belarus-Russia University (Mogilev, Belarus)
AnKorn@tut.by

Korytov Ivan Pavlovich

Student of the Institute of Machine Building, Power Engineering and Transport, Vologda State University (Vologda, Russia)
toreonify@outlook.com

Kruchinin Ilya Alekseevich

Master student of the Department of Automation and Control, Penza State University (Penza, Russia)
Kru444inen@mail.ru

Litovchenko Oleg Vladimirovich

Technical Director of the scientific production company AquaProtech LLC (Krasnodar, Russia)
oleg.lit@mail.ru

Nikita Elena Mikhailovna

Senior lecturer of the Department of Architecture and Urban Planning, Vologda State University (Vologda, Russia)
elnikil@yandex.ru

Obrubov Vladimir Aleksandrovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Science Director Deputy of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Togliatti branch (Togliatti, Russia)
obrubov@mail.ru

Pikalev Oleg Nikolaevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automobiles and Automobile Industry, Vologda State University (Vologda, Russia)
Pon.71@mail.ru

Plekhanov Sergey Aleksandrovich

Technical Director of Systems and Technology LLC (Vologda, Russia)
aston.hyper@gmail.com

Povarova Olga Aleksandrovna

Senior Lecturer of the Department of Construction, Cherepovets State University (Cherepovets, Russia)
boliaa@mail.ru

Polyakov Timofey Aleksandrovich

Student of Construction of Technical Institute of Cherepovets State University (Cherepovets, Russia)
polyackov.t@yandex.ru

Popov Igor Pavlovich

Senior lecturer of the Department of Machine Building Technology, Metal-cutting Machines and Tools of Kurgan State University
ip.popow@yandex.ru

Semenov Anatoly Dmitrievich

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Automation and Control, Penza State University (Penza, Russia)
d_galz@bk.ru

Sinitsyn Anton Alexandrovich

Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Heat, Gas and Water supply of Vologda State University (Vologda, Russia)
sinitsynaa@vogu35.ru

Sitnikov Aleskey Vitalyevich

The head of the Laboratory, Military Space Academy named after A.F. Mozhaysky (Saint-Petersburg, Russia)
sitnikov-515@mail.ru

Smirnov Petr Ilyich

Senior Lecturer of the Department of Automobiles and Automobile Industry, Vologda State University (Vologda, Russia)
petrsm@mail.ru

Stratunov Oleg Vladimirovich

Deputy Head of the Research and Development Department of Aleksandra-Plus LLC, senior lecturer of the Department of Heat, Gas and Water Supply, Vologda State University (Vologda, Russia)
stratunovov@vogu35.ru

Trushin Nikolay Nikolaevich

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Engineering Technology of Tula State University (Tula, Russia)
trunikolaj@yandex.ru

Filenikov Vladimir Mikhailovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Togliatti branch (Togliatti, Russia)
polkovnik-feliks@mail.ru

Shvetsov Anatoliy Nikolayevich

Doctor of Engineering, Professor, Professor of the Department of Information Technology and Information Technology of Vologda State University (Vologda, Russia)
smithv@mail.ru

Научное издание

ВЕСТНИК ВОЛОГОДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия: Технические науки
№ 3 (9) / 2020

Главный редактор А. А. Кочкин

Свидетельство о регистрации СМИ: ПИ № ФС77-75456 от 05.04.2019 г.
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор)

Подписано в печать 20.10.2020. Выпуск в свет 29.10.2020. Формат 60 × 84/8
Уч.-изд. л. 8,4. Усл. печ. л. 10,5. Тираж 74 экз. Заказ № 584. Бесплатно

ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет»
160000, Вологодская область, город Вологда, улица Ленина, дом 15

Отпечатано: ООО «Издательство «Сад-огород», г. Вологда, ул. Текстильщиков, 20а
тел.: 8(8172) 73-12-22; e-mail: volgdapost@yandex.ru