

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ISSN 2542-0151

№ 4 Т. 7
2017

URBAN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



САМАРА

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ISSN 2542-0151

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

URBAN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Т.7, № 4

САМАРА
2017

УДК 71+72

Градостроительство и архитектура=Urban construction and architecture. 2017. Т. 7, № 4. 140 с.

Учредитель:

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

Главный редактор – д.т.н., профессор **А.К. СТРЕЛКОВ**

Заместитель главного редактора – к.арх. **В.А. САМОГОРОВ**

Ответственный секретарь – к.филол.н. **М.С. ДОСКОВСКАЯ**

Редакционная коллегия:

И.И. АРТЮХОВ, д.т.н., профессор (Саратов)

Е.А. АХМЕДОВА, д. арх., профессор

А. БОРОДИНЕЦ, D.Sc., профессор (Рига, Латвия)

Ю.П. БОЧАРОВ, д. арх., профессор (Москва)

А.Д. ВАСИЛЬЕВ, д.т.н., доцент (Нижний Новгород)

В.В. ВАХНИНА, д.т.н., профессор (Тольятти)

С.Я. ГАЛИЦКОВ, д.т.н., профессор

А.Д. ГЕЛЬФОНД, д. арх., профессор

(Нижний Новгород)

В.П. ГЕНЕРАЛОВ, к. арх., профессор

А.И. ДАНИЛУШКИН, д.т.н., профессор

В.В. ЕЛИСТРАТОВ, д.т.н., профессор

(Санкт-Петербург)

В.Н. ЗЕНИЦОВ, д.т.н., профессор (Уфа)

Т.В. КАРАКОВА, д. арх., профессор

В.И. КИЧИГИН, д.т.н., профессор

М.КНЕЗЕВИЧ, D.Sc., профессор (Подгорица, Черногория)

Б. КОВАЧИЧ, PhD, профессор (Марибор, Словения)

И.В. ЛИПАТОВ, д.т.н., доцент (Нижний Новгород)

Я. МАТУШКА, PhD, доцент (Пардубице, Чешская Республика)

Г.В. МУРАШКИН, д.т.н., профессор

В.Д. НАЗАРОВ, д.т.н., профессор (Уфа)

С. ОГНЕНОВИЧ, PhD, профессор (Скопье, Македония)

Н.Д. ПОТИЕНКО, к. арх., доцент

М.ПРЕМРОВ, D.Sc., профессор (Марибор, Словения)

Г. РАДОВИЧ, D.Sc. arch., профессор (Подгорица, Черногория)

Д. САФАРИК, главный редактор STVUN Journal (Чикаго, США)

В.А. СЕЛЕЗНЕВ, д.т.н., профессор (Тольятти)

С.В. СТЕПАНОВ, д.т.н., доцент

А.И. ХЛЫСТОВ, д.т.н., профессор

К.Л. ЧЕРТЕС, д.т.н., профессор

Н.Г.ЧУМАЧЕНКО, д.т.н., профессор

В.А. ШАБАНОВ, к.т.н., профессор

Editor in Chief – D. Eng., Prof. **A.K. STRELKOV**

Deputy Editor – PhD in Architecture **V.A. SAMOGOROV**

Executive Secretary – PhD in Philology **M.S. DOSKOVSKAYA**

Editorial Board:

I.I. ARTYUKHOV, D. Eng., Prof. (Saratov)

E.A. AKHMEDOVA, D. Arch., Prof.

Y.P. BOCHAROV, D. Arch., Prof. (Moscow)

A. BORODINECS, D.Sc., Prof. (Riga, Latvia)

A.L. VASILYEV, D. Eng., Ass. Prof. (Nizhny Novgorod)

V.V. VAKHINA, D. Eng., Prof. (Tolyatti)

S.YA. GALITSKOV, D. Eng., Prof.

A.L. GELFOND, D. Arch., Prof. (Nizhny Novgorod)

V.P. GENERALOV, PhD in Architecture, Prof.

A.I. DANILUSHKIN, D. Eng., Prof.

V.N. ELISTRATOV, D. Eng., Prof. (Saint Petersburg)

V.N. ZENTSOV, D. Eng., Prof. (Ufa)

T.V. KARAKOVA, D. Arch., Prof.

V.I. KICHIGIN, D. Eng., Prof.

M. KNEZEVIC, D.Sc., Prof. (Podgorica, Montenegro)

B. KOVAČIČ, Ph.D., Prof. (Maribor, Slovenia)

I.V. LIPATOV, D. Eng., Ass. Prof. (Nizhny Novgorod)

J. MATUŠKA, Ph.D., Ass. Prof. (Pardubice, Czech Republic)

G.V. MURASHKIN, D. Eng., Prof.

V.D. NAZAROV, D. Eng., Prof. (Ufa)

S. OGNJENOVIC, Ph.D., Prof. (Skopje, Macedonia)

N.D. POTIENKO, PhD in Architecture, Ass.Prof.

M. PREMROV, D.Sc., prof., (Maribor, Slovenia)

G. RADOVIĆ, D.Sc. arch., Prof. (Podgorica, Montenegro)

D.SAFARIK (Chicago, the USA)

V.A. SELEZNEV, D. Eng., Prof. (Tolyatti)

S.V. STEPANOV, D. Eng., Ass. Prof.

A.I. KHLYSTOV, D. Eng., Prof.

K.L. CHERTES, D. Eng., Prof.

N.G. CHUMACHENKO, D. Eng., Prof.

V.A. SHABANOV, PhD in Engineering, Prof.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФЦ77-68052 от 13 декабря 2016 года

Журнал включен с 01.12.2015 г. в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий,

в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций

на соискание ученой степени доктора и кандидата наук

Журнал индексируется в системе РИНЦ и в международной базе ERIH (European Reference Index for the Humanities)

Каждой статье присваивается идентификатор цифрового объекта DOI

Индекс журнала в каталоге Агентства «Роспечать»: 70570

Научное издание

Редактор Г.Ф. Коноплина

Корректор М.В. Веселова

На обложке работы члена Союза художников России, доцента кафедры архитектурно-строительной графики и изобразительного искусства С.О. Карсяна

Подписано в печать 26.12.2017 г. Формат 60х90 1/8. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Печ. л. 17,5. Тираж 300 экз. Заказ № 1682.

Адрес редакции: 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, каб. 635

Телефоны: (846) 242-36-98

Интернет-сайт: <http://journal.samgasu.ru>

Отпечатано в типографии ООО «КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО»:

443070, г. Самара, ул. Песчаная, 1; тел. (846) 267-36-82

Содержание

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

- 4 Алпатов В.Ю., Соловьёв А.В. Опытнo-экспериментальное проектирование пространственной решетчатой металлической конструкции для покрытия промышленного здания
- 9 Панфилов Д.А., Чеглинцев В.Ю., Романчиков В.В., Жильцов Ю.В. Исследование прогибов статически определимых железобетонных балок на основе нелинейной деформационной модели
- 14 Рязанова Г.Н., Прокопьева А.Ю. Определение бокового давления легкoбетонной смеси, уложенной в опалубку, по существующим методам. Моделирование процесса укладки с позиции эксплуатационных воздействий
- 20 Снегирёва А.И., Кретов Д.А. Расчет усовершенствованной железобетонной матрицы при импульсном нагружении
- 25 Филатов В.Б., Горынцев В.О., Биндер В.П. Результаты экспериментального исследования сопротивления железобетонных балок в зоне поперечного изгиба

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

- 32 Матвеев А.Г. Разработка и исследование высокоэффективных вентиляторов-рекуператоров для децентрализованной установки в жилых помещениях

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

- 38 Кичигин В.И., Зиновьева В.В., Золотенков В.О., Зоткина Л.А. Исследование зависимости физико-химического состава питьевой воды г. Самары от величины ее дзета-потенциала
- 44 Кичигин В.И., Чернягина Е.Д. Дзета-потенциал как универсальный технологический показатель качества воды
- 54 Назаров В.Д., Назаров М.В., Разумов В.Ю., Дрёмина М.А., Осипова А.А. Очистка природных вод от железа и марганца
- 60 Шувалов М.В., Стрелков А.К. Проектные решения по строительству главного коллектора дождевой канализации и централизованных очистных сооружений поверхностного стока Волжского склона в Самаре

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

- 67 Ищенко А.В., Баев О.А. Оценка эффективности противofiltrационного экрана на Донском магистральном канале

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

- 73 Георгиевская А.О. Развитие урбанистической типологии итальянских рынков в контексте локальных особенностей
- 79 Данилова Э.В. Архитектурные трактаты Возрождения

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- 84 Артемьева Т.Г. Художественные особенности проектирования жилого интерьера
- 88 Ахмедова Е.А., Жоголева А.В. Кластерные стратегии устойчивого развития агломерации на примере Самарско-Тольяттинской агломерации
- 93 Вавилонская Т.В. Архитектурно-историческая среда в условиях динамично развивающегося мегаполиса
- 99 Генералова Е.М. Интеграция высотных зданий в историческую среду
- 106 Каракова Т.В., Воронцова Ю.С. Виртуальная архитектура общественных зданий мегаполисов
- 110 Литвинов Д.В. Современные методы аэрофотосъемки при архитектурно-планировочном анализе объектов культурного наследия
- 115 Орлов Д.Н., Орлова Н.А. «Теория архитектуры» А.И. Некрасова в контексте философии пространства

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

- 122 Орлова Л.Н. Проблемы и перспективы оптимизации световой среды городов

ЭНЕРГЕТИКА

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

- 127 Артюхов И.И., Степанов С.Ф., Бочкарёв Д.А., Тулепова Г.Н., Земцов А.И. Микросеть на основе группы автономно работающих синхронных генераторов
- 132 Кувшинов А.А., Вахнина В.В., Черненко А.Н. Компенсированная распределительная линия с повышенной натуральной мощностью
- 139 ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

УДК 69.024.4

DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.1

В.Ю. АЛПАТОВ
А.В. СОЛОВЬЁВ

ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ РЕШЕТЧАТОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ

EXPERIMENTAL DESIGN OF A SPATIAL LATTICE METAL STRUCTURE FOR COVERING
AN INDUSTRIAL BUILDING

Представлена информация о разработке пространственно-стержневой конструкции покрытия. Предложена металлическая пространственная решетчатая конструкция, собираемая из уголковых профилей с применением листовых фасонек в узлах. Были выполнены опытно-конструкторские и опытно-экспериментальные работы для доказательства её надежности и безопасности. Предложенная конструкция покрытия была запроектирована, изготовлена и применена в качестве покрытия производственного здания. После монтажа кровли были выполнены экспериментальные испытания конструкции расчетной нагрузкой. Нагрузка моделировалась путем загрузки покрытия мешками с песком. При проведении испытаний проводились измерения прогибов конструкции и напряжений в наиболее ответственных стержнях. Результаты измерений показали соответствие расчетным прогнозам.

Ключевые слова: эксперимент, проект, пространственная конструкция, решетчатая конструкция, металлическая конструкция, опытно-конструкторская разработка, опытно-экспериментальное проектирование

The article presents information on the development of a new technical solution for the spatially-barrel construction of the covering. The authors propose a metal three-dimensional lattice construction, assembled from corner sections using sheet shapes in knots. On the proposed solution the authors obtained a patent. To prove the validity of the previously stated assumptions about the properties of the future design, namely its reliability and safety, the authors carried out experimental design work. The proposed coating design was designed, manufactured and applied as a covering for a production building. After the installation of the roof experimental design tests were carried out by design load. The load was simulated by loading the cover with sandbags. During the tests the stresses were measured in the most important rods. The results of the measurements showed compliance with the calculated forecasts.

Keywords: experiment, project, spatial structure, lattice structure, metal structure, design and experimental work, experimental design

Новые технические решения в области строительных конструкций – от стадии идеи до стадии внедрения в массовое строительство – проходят несколько этапов:

1. Разработка идеи. На данном этапе, как правило, прорабатывается идея, т.е. это стадия осознания «nouveau», изобретения, полезной модели и т.п.
2. Защита нового технического решения. Это этап доказательства новизны, доказательства преимуществ предложенного решения по отношению к известным аналогам. На данном этапе важно закрепить свое право на предложенное техническое решение, т.е. произвести защиту интеллектуальной собственности.

3. Моделирование и оптимизация предложенного технического решения. На этом этапе следует уделить внимание таким вопросам, как: надежность, безопасность, долговечность, технологичность, экономичность и техническая реализуемость предложенного решения. Это этап глубокой теоретической проработки, этап экспериментального моделирования (натурного и виртуального), этап поиска наилучших параметров объекта по заранее принятым критериям. В результате прохождения данного этапа рождается понимание о всех важных особенностях будущей строительной конструкции, о требуемых технологии и оборудовании для ее изготовления, о ее технико-экономических показателях.

4. Опытнo-экспериментальное проектирование или опытнo-конструкторская разработка. Это важный этап для доказательства верности ранее высказанных предположений о свойствах будущей конструкции. На данном этапе идея и модель превращаются сначала в проектную документацию, а затем в реальный физический объект. Для массового внедрения полученная конструкция должна быть проверена на надежность и безопасность в реальных условиях эксплуатации. При условии положительного прохождения этого этапа предложенная разработка может быть рекомендована к массовому применению.

Представленный алгоритм разработки новой строительной конструкции может дополняться другими этапами, например, разработкой типовой проектной документации, серийным изготовлением и пр. С другой стороны, какие-то этапы могут быть пропущены или частично сокращены, например, оптимизация технического решения или защита интеллектуальной собственности. Однако этап опытнo-экспериментальной проработки нового технического решения строительной конструкции, как правило, присутствует всегда.

Авторами ранее были проведены работы по получению патента на новое техническое решение металлической пространственной решетчатой конструкции покрытия, собираемой из уголкового профиля с применением листовых фасонок в узлах [1]. Позже были выполнены работы по моделированию [2, 3] и оптимизации запатентованного решения [4]. В настоящей статье авторы представляют информацию о дальнейшем развитии своей идеи – о выполнении опытнo-экспериментальных и конструкторских работ.

Запатентованное конструктивное решение пространственного металлического покрытия было применено авторами на производственном корпусе одного из промышленных предприятий Самарской области. Авторами был разработан проект нового цеха для расширения существующих производственных мощностей предприятия (рис. 1). Новое здание было запроектировано с металлическим несущим каркасом, а в качестве покрытия была применена авторская пространственная конструкция (рис. 2, 3).

По заданию новое здание нужно было разместить близко к существующему (цех №4 на рис. 1, 2).

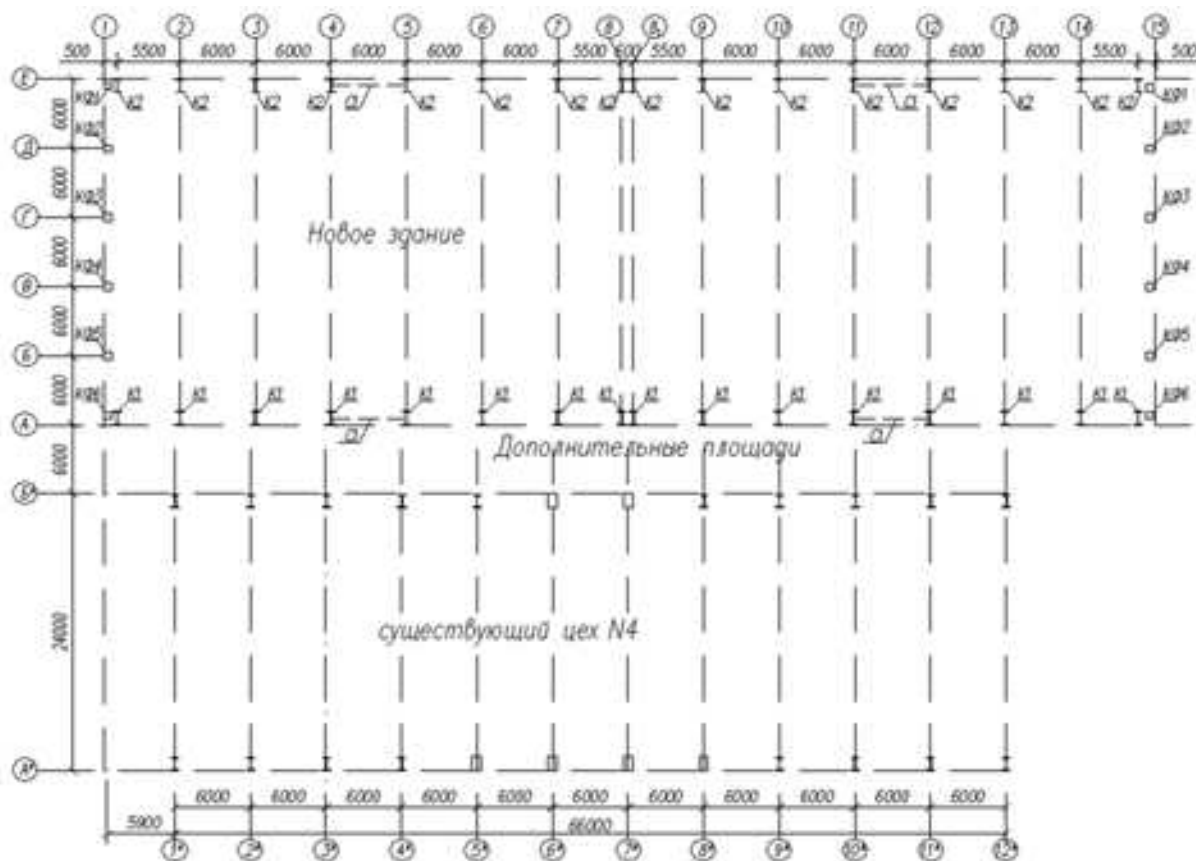


Рис. 1. План здания

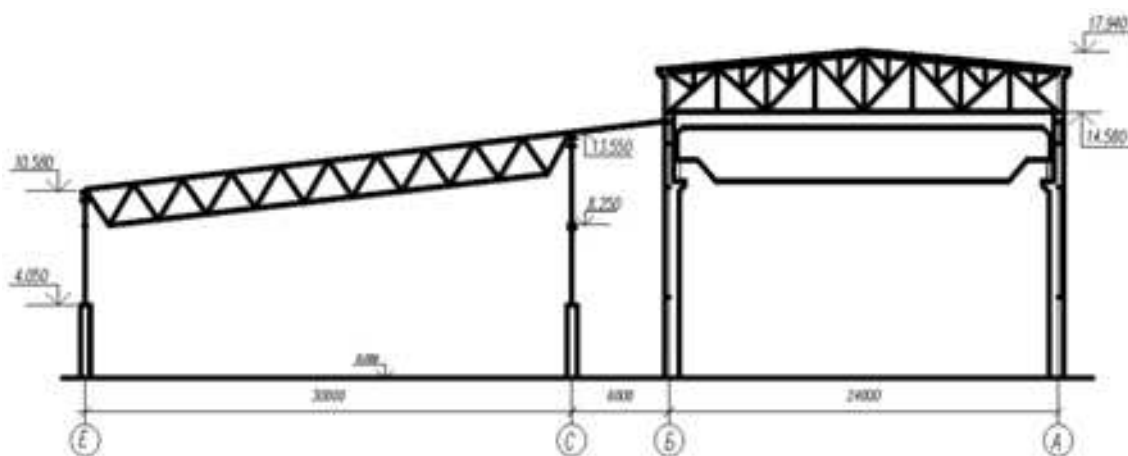


Рис. 2. Поперечный разрез здания



Рис. 3. Монтаж пространственной конструкции покрытия

Вновь возводимое здание должно быть построено на расстоянии 6 м от существующего производственного цеха.

Во избежание периодического подтопления межцехового пространства в осенне-весенний период, образования значительных снеговых заносов в зимний период и получения дополнительных производственных площадей было принято решение перекрыть вновь образуемое межцеховое пространство. Такое решение, вследствие наличия разности высот существующего и возводимого здания (см. рис. 2), потребовало учесть возможность образования снегового мешка на покрытии в зимний период.

Для уменьшения снегового мешка покрытие вновь возводимого здания выполнено односкатным с уклоном в сторону от существующего здания.

Авторами были проведены опытно-конструкторские работы, в результате которых был представлен проект марок КМ (конструкции металлические) и КМД (конструкции металлические детализированные); запроектировано здание размерами $30 \times 84 \text{ м}^2$ с металлическим каркасом, состоящим из колонн, связей между колоннами и пространственного структурного покрытия; осуществлен проект реконструкции покрытия и стенового ограждения здания производственного цеха размерами $24 \times 66 \text{ м}^2$, име-

ющего высоту 17,94 м; выполнено перекрытие пространства между указанными зданиями (см. рис. 1).

Покрытие нового цеха запроектировано в виде плоской структурной плиты из прокатных уголков. Согласно проекту, покрытие собирается из крупноразмерных пространственных блоков, которые, в свою очередь, собираются путем объединения плоских наклонных ферм. Сборка блоков осуществляется на земле, после чего блоки устанавливают в проектное положение при помощи крана.

Одной из отличительных особенностей проектирования покрытия нового здания явилось применение методов оптимального проектирования конструкций. Структурная конструкция покрытия была оптимизирована при помощи созданного авторами программного комплекса «Поиск оптимальной формы структурных конструкций». Этот комплекс объединяет в единый расчетный аппарат проектирования программу поиска оптимальной формы структурных конструкций, разработанную на ка-

федре металлических и деревянных конструкций Самарского государственного технического университета (МДК СамГТУ), известный расчетный комплекс «Мираж» (НИИАСС, Киев) и разработанный ранее на кафедре МДК СамГТУ комплекс по оптимальному подбору сечений.

Другой отличительной особенностью проектирования конструкций нового здания явилось применение современных программных средств структурного анализа систем методом конечного элемента при проектировании узлового соединения структурной конструкции. Анализ напряженно-деформированного состояния узлового соединения произведен при помощи известных расчетных комплексов: «Лира» (НИИАСС, Киев), Cosmos/Works (Structural Research & Analysis Corp., Los Angeles), ANSYS Design Space 6.0.1 (ANSYS, USA). Расчетная модель узла, геометрия которого создана средствами известного комплекса твердотельного моделирования Solid Works (Solid Works Corp. U.S.), представлена на рис. 4.

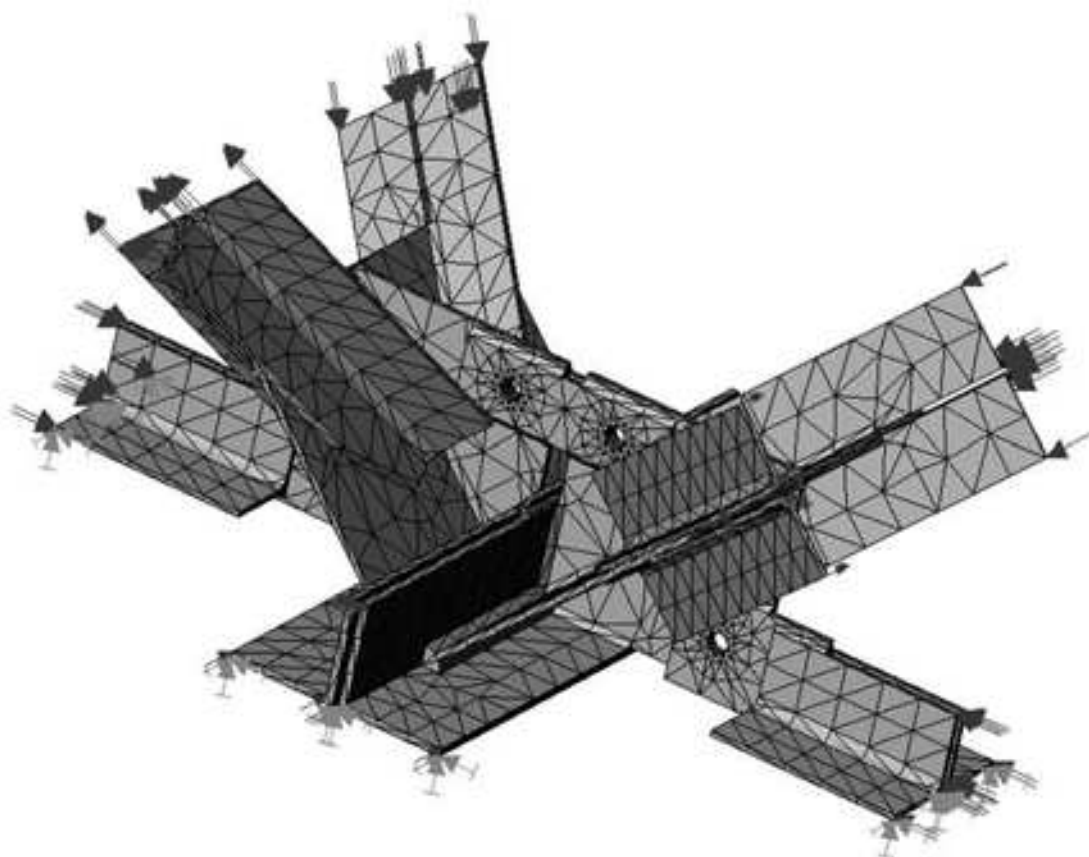


Рис. 4. Расчетная модель узла пространственной конструкции

Запроектированная конструкция покрытия была изготовлена и смонтирована на указанном объекте. Авторы вели наблюдения за ее поведением в течение двух лет. Изначально надзор осуществлялся постоянно в течение двух месяцев, затем периодически

ски. После монтажа кровли по рекомендации авторов было выполнено экспериментальное испытание конструкции расчетной нагрузкой. Нагрузка моделировалась путем загрузки покрытия мешками с песком. Во время испытаний проводились измере-

ния прогиба конструкции и напряжений в наиболее ответственных стержнях. Результаты измерений показали соответствие расчетным прогнозам.

Выводы. Применение пространственных стержневых систем для покрытия большепролетных зданий промышленного и общественного назначения имеет множество преимуществ перед традиционными решениями покрытий [5–9]. Пространственная работа такого покрытия при условии его рационального (оптимального) проектирования позволяет снизить общий расход материала на конструкции покрытия. Монтаж такой конструкции происходит значительно быстрее, чем покрытия с применением плоских ферм, что позволяет сократить общий срок строительства здания или сооружения. Жесткость несущего каркаса здания обеспечивается пространственной работой всего покрытия и не требует установки дополнительных связей жесткости в покрытии. Опыт применения пространственных решетчатых конструкций в качестве покрытий зданий больших пролетов говорит об их надежности и рациональности их применения [10].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент на полезную модель 7 Е 04 В 7/00. Патент на полезную модель №33381 / Алпатов В.Ю., Холопов И.С. М., 2003. Бюл. №29.
2. Алпатов В.Ю., Холопов И.С. Использование различных САПР при моделировании работы узлового соединения пространственной решетчатой конструкции // Современные проблемы совершенствования и развития металлических, деревянных, пластмассовых конструкций в строительстве и на транспорте: сборник научных трудов Международной научно-технической конференции / СамГАСА. Самара, 2002. С. 186–192.
3. Алпатов В.Ю. Стержневая структурная конструкция из крупноразмерных элементов // Строй-инфо. Информационный бюллетень. 2003. №4 (196). С. 16–19.
4. Алпатов В.Ю., Холопов И.С. Численно-экспериментальные исследования узлов пространственной структурной конструкции // Строительный вестник Российской инженерной академии: труды секции «Строительство» Российской инженерной академии. Вып.6 / Изд-во Российской инженерной академии. М., 2005. С. 184–186.
5. Клячин А.З. Пространственные стержневые металлические конструкции регулярной структуры. Екатеринбург: Диамант, 1995. 276 с.
6. Клячин А.З. Исследование структурных конструкций из пирамид с фланцевыми узловыми сопряжениями // Строительство и архитектура. 1991. № 7. С. 14–18.
7. Беляев В.Ф. Стальные каркасные конструкции одноэтажных производственных зданий. М.: ВНИИНТПИ, 1989. 82 с.
8. Проектирование металлических конструкций / В.В. Бирюлев [и др]. Л.: Стройиздат, 1990. 432 с.
9. Металлические конструкции: в 3 т. Т. 2 / В. В. Горев [и др.]. М.: Высш. шк., 2002. 424 с.
10. Холопов И.С., Алпатов В.Ю., Мочальников В.Н., Моисеев Н.Н., Вещин В.Ю. Опыт применения пространственных стержневых металлических конструкций типа структур в строительстве // Современные проблемы совершенствования и развития металлических, деревянных, пластмассовых конструкций в строительстве и на транспорте: сборник научных трудов Международной научно-технической конференции / СамГАСА. Самара, 2002. С. 199–206.

Об авторах:

АЛПАТОВ Вадим Юрьевич

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии и организации строительного производства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: avu75@mail.ru

СОЛОВЬЁВ Алексей Витальевич

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой металлических и деревянных конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: savsmr@rambler.ru

ALPATOV Vadim Yu.

PhD in Engineering Science, Associate Professor, Head of the Technology and Building Organization Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: avu75@mail.ru

SOLOVYOV Alexey V.

PhD in Engineering Science, Associate Professor, Head of the Metal and Wooden Structures Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: savsmr@rambler.ru

Для цитирования: Алпатов В.Ю., Соловьёв А.В. Опыт-экспериментальное проектирование пространственной решетчатой металлической конструкции для покрытия промышленного здания // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 4-8. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.1.

For citation: Alpatov V.Yu., Soloviyov A.V. Experimental design of a spatial lattice metal structure for covering an industrial building // Urban construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 4-8. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.1.

Д.А. ПАНФИЛОВ
В.Ю. ЧЕГЛИНЦЕВ
В.В. РОМАНЧИКОВ
Ю.В. ЖИЛЬЦОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГИБОВ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК НА ОСНОВЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

**STUDIES OF DEFLECTIONS OF STATICALLY DETERMINED REINFORCED CONCRETE
BEAMS BASED ON A NONLINEAR DEFORMATION MODEL**

Рассматриваются теоретические исследования статически определимых изгибаемых железобетонных балок прямоугольного сечения по показателям деформативности при действии кратковременной равномерно распределенной нагрузки. Теоретические исследования базируются на основных положениях нелинейной деформационной модели, учитывающей нелинейную работу бетона и арматуры с учетом дискретного трещинообразования. Приведены результаты расчета деформативности балок по методике СП 63.13330.2012, авторской методике, а также результаты численного эксперимента с выявлением напряженно-деформированного состояния статически определимых балок в виде конечно-элементной модели в программном комплексе «Лира САПР-2017R3» с использованием линейной и нелинейной постановки характеристик бетона и арматуры. По результатам теоретических исследований проведено сопоставление результатов расчета по методике действующего норматива с численным экспериментом, а также авторской методикой расчета. Все расчеты и схемы загрузки в данной методике приведены с учетом возможности проведения в дальнейшем экспериментальных исследований.

In this paper theoretical studies of statically determinated bending reinforced concrete beams of rectangular cross-section on deformation indexes under the effect of a short-time uniformly distributed load are viewed. These theoretical studies are based on the main points of the nonlinear deformation model that takes into account the nonlinear work of concrete and fitments taking into account discrete cracking. The results of calculating the deformation of beams by the method of SP 63.13330.2012 and by authors' method are proposed as well as the results of a numerical experiment with the identification of the stress-strain state of statically determinated beams in the form of a finite element model in the program complex «Lira CAD-2017R3» using a linear and non-linear setting of characteristics of concrete and reinforcement. Based on the results of theoretical studies, the calculation results by the methodology of the current standard with a numerical experiment, as well as with the authors' calculation methodology are compared. All calculations and loading schemes in this technique are given taking into account the possibility of further experimental studies.

Ключевые слова: железобетонная балка, деформативность, изгибаемые элементы, арматура, прогиб

Keywords: reinforced concrete beam, deformability, bending elements, fitments, deflection

Целью исследования, в продолжение проведенных исследований [1–6], является изучение методик расчета прогибов статически определимых железобетонных балок под действием равномерно распределенной нагрузки, а также сравнение результатов теоретического исследования.

Схема загрузки разработана с условием дальнейшего проведения экспериментальных исследований. Нагрузка принята эквивалентной равномерно распределенной. Расчетная схема исследуемых образцов представлена на рис. 1.

Объектом исследования служит статически определимая железобетонная балка с прямоугольным поперечным сечением $b=200$ мм, $h=400$ мм и

расчетным пролётом $L=3700$ мм. Образцы изготовлены из бетона класса В30 с использованием рабочей арматуры в растянутой зоне 2Ø25 А400. Схема армирования исследуемых образцов представлена на рис. 2.

В рамках теоретического исследования выполнен расчет по методике СП 63.13330.2012 [7]. В результате получен максимальный прогиб балки, равный 11,879 мм при нагрузке $P=56,404$ кН. Также было выполнено численное моделирование в программном комплексе «Лира САПР-2017R3». Расчет модели был произведен в линейной и нелинейной постановке характеристик бетона и арматуры. Результаты расчета прогибов и усилий в балках приведены на рис. 3–6.

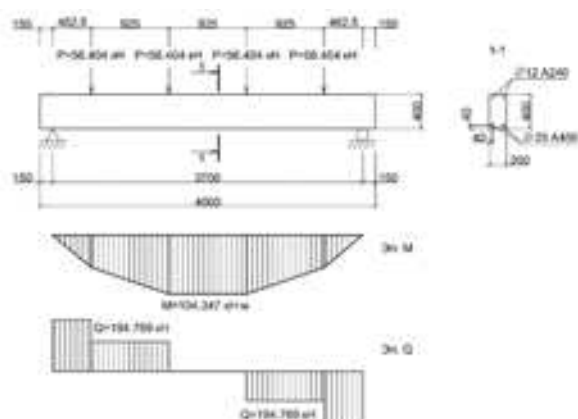


Рис. 1. Расчетная схема исследуемых образцов

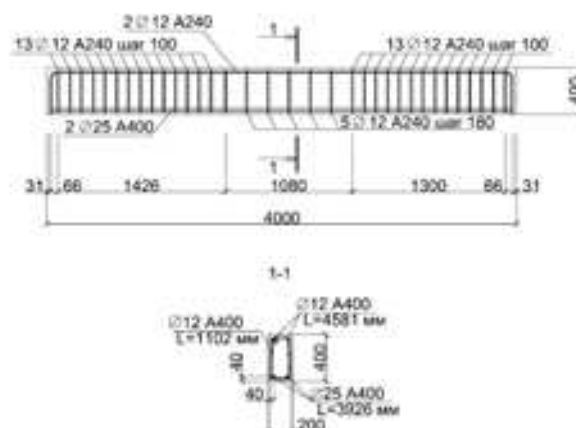


Рис. 2. Схема армирования исследуемых образцов



Рис. 3. Прогиб балки при линейной постановке численного эксперимента в ПК «Лира САПР-2017R3»

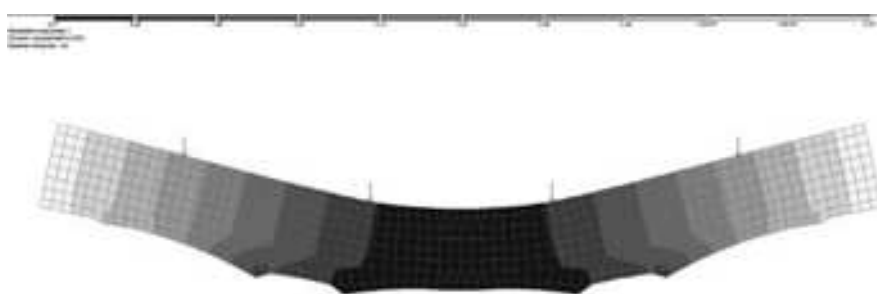


Рис. 4. Прогиб балки при нелинейной постановке численного эксперимента в ПК «Лира САПР-2017R3»

Для линейного расчета принимался 10-й тип конечного элемента – универсальный пространственный стержень; для нелинейного конечного элемента – 201-й тип – физически нелинейный стержневой конечный элемент. Параметры нелинейности бетона и арматуры представлены на рис. 7 и 8.

В результате моделирования численного эксперимента в ПК «Лира САПР- 2017» прогиб изгибаемой железобетонной балки составил: в линейной постановке – 4,08 мм; в нелинейной постановке – 9,47 мм.

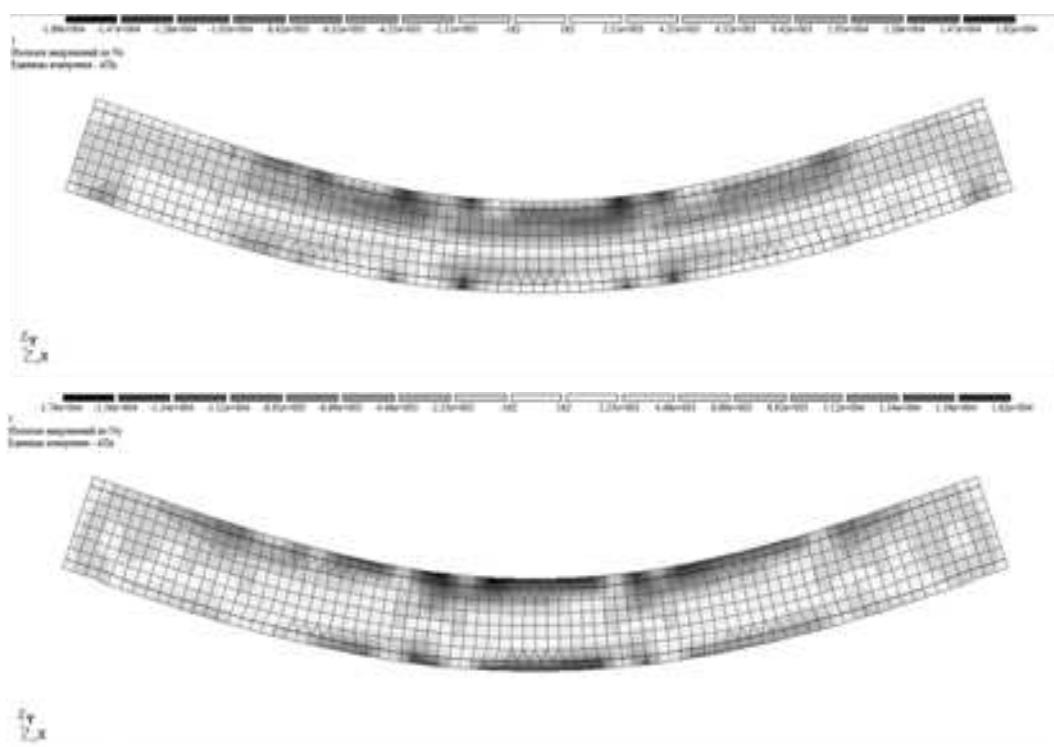


Рис.5. Изгибные моменты N_x (сверху) и N_y (снизу) в линейной постановке

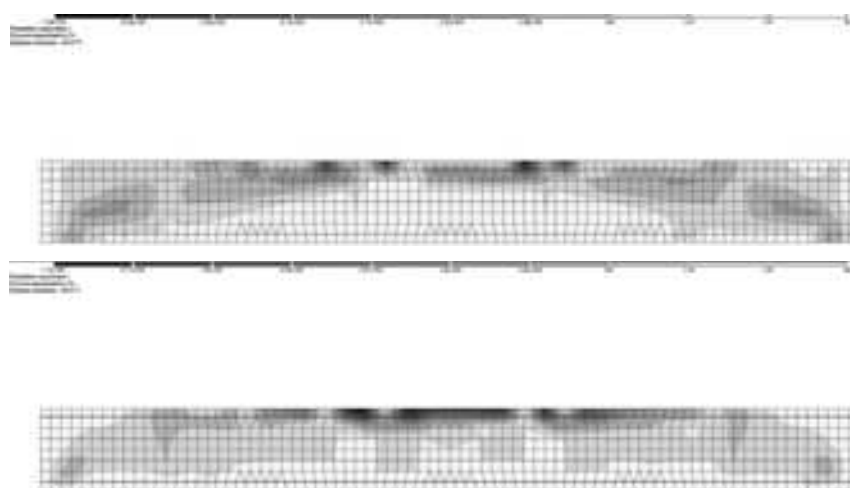


Рис. 6. Изополя напряжений N_x (сверху) и N_y (снизу) в нелинейной постановке

В результате проведенных теоретических исследований можно сделать вывод, что значение прогиба изгибаемой статически определимой железобетонной балки при равномерно распределенном нагружении, полученное в нелинейном расчете в ПК «Лира САПР-2017R3», показало наилучшую схо-

димость с данными расчета по авторской методике и нормативным значением (табл. 1). Проведенные исследования подтверждают, что учет нелинейных свойств бетона и арматуры влияет на точность расчета прогибов.

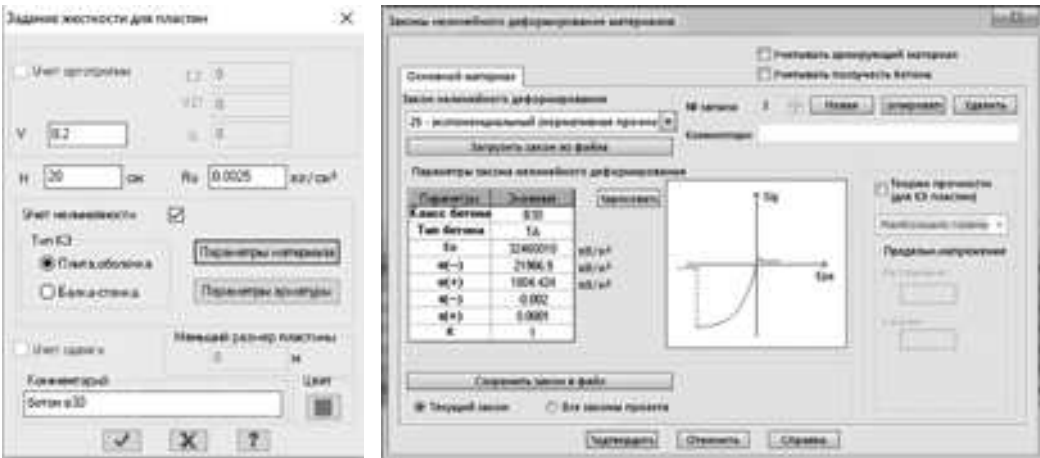


Рис. 7. Параметры нелинейности бетона



Рис.8. Параметры нелинейности арматуры

Таблица 1

Сводная таблица результатов теоретического исследования

Основные показатели	Расчет железобетонной балки согласно СП 63.13330.2012 [7]	Расчет железобетонной балки по авторской методике	Расчет изгибаемой железобетонной балки в ПК «Лира САПР-2017R3»	
			линейный	нелинейный
Прогиб, мм	13,25	12,96	4,33	12,47
Отклонение от нормативных значений, %	–	2,18	67,3	5,88

На основании проведенных теоретических исследований, с учетом ранее проведенной работы [1–6], планируется выполнение экспериментальных исследований с целью уточнения методики расчета прогибов изгибаемых статически определимых железобетонных балок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панфилов Д.А., Худяев Е.Н. Исследования прогибов изгибаемых железобетонных балок при равномер-

но распределенной нагрузке // Современные проблемы расчета и проектирования железобетонных конструкций многоэтажных зданий: сборник докладов Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения П.Ф. Дроздова (15 октября 2013 г.)/ Московский гос. строит. ун-т. М., 2013. С. 175–179.

2. Панфилов Д.А., Худяев Е.Н. Теоретические и экспериментальные исследования прогибов изгибаемых железобетонных статически определимых балок при кратковременном равномерно распределенном нагружении // Актуальные проблемы архитектуры и строи-

тельства: материалы Международной научно-практической конференции. Самара, 2014. С. 9–14.

3. *Panfilov D.A., Pischulev A.A., Romanchikov V.V.* The methodology for calculating deflections of statically indeterminate reinforced concrete beams (based on nonlinear deformation model) // *Procedia Engineering*. 2016. Т. 153. С. 531–536.

4. *Panfilov D.A., Pischulev A.A.* The analysis of deflections of pre-stressed reinforced concrete beams exposed to short duration uniform loading // *Procedia Engineering*. 2015. Т. 111. С. 619–625.

5. *Panfilov D.A., Pischulev A.A.* The methodology for calculating deflections of reinforced concrete beams exposed to short duration uniform loading (based on nonlinear deformation model) // *Procedia Engineering*. 2014. Т. 91. С. 188–193.

6. *Murashkin G., Murashkin V., Panfilov D.* An Improved Technique of Calculating Deflections of Flexural Reinforced Concrete Elements Made of Conventional and High-Strength Concrete/ G. Murashkin, V. Murashkin, D. Panfilov // *Journal of Civil Engineering and Architecture/ USA*. Feb.2013. Vol. 7, №.2 (Serial No.63). Pp.125–131.

Об авторах:

ПАНФИЛОВ Денис Александрович

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительных конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,
тел. 8-909-343-19-86
E-mail : panda-w800i@yandex.ru

ЧЕГЛИНЦЕВ Владимир Юрьевич

магистрант 2-го года обучения факультета промышленного и гражданского строительства
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,
тел. 8-927-751-24-86

РОМАНЧИКОВ Вячеслав Викторович

старший преподаватель кафедры строительных конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,
тел. 8 (937)-070-19-02
E-mail : romanchikoff@mail.ru

ЖИЛЬЦОВ Юрий Викторович

старший преподаватель кафедры строительных конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,
тел. 8 (908)-386-35-21

7. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СП 52-101-2003 / Минрегион развития РФ. М., 2011. 161 с.

PANFILOV Denis A.

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor of the Building Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,
tel. 8-909-343-19-86
E-mail : panda-w800i@yandex.ru

CHEGLINTSEV Vladimir Yu.

Master's Degree Student of the Faculty of Industrial and Civil Engineering
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,
tel. 8-927-751-24-86

ROMANCHIKOV Vyacheslav V.

Senior Lecturer of the Building Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,
tel. 8-937-070-19-02
E-mail : romanchikoff@mail.ru

ZHILTSOV Yuri V.

Senior Lecturer of the Building Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,
tel. 8-908-386-35-21

Для цитирования: Панфилов Д.А., Чеглинцев В.Ю., Романчиков В.В., Жильцов Ю.В. Исследование прогибов статически определимых железобетонных балок на основе нелинейной деформационной модели // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 9-13. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.2.

For citation: *Panfilov D.A., Cheglintsev V.Yu., Romanchikov V.V., Zhiltsov Yu.V.* Studies of deflections of statically determined reinforced concrete beams based on a nonlinear deformation model // *Urban construction and architecture*. 2017. V.7, 4. Pp. 9-13. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.2.

Г.Н. РЯЗАНОВА
А.Ю. ПРОКОПЬЕВА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БОКОВОГО ДАВЛЕНИЯ ЛЕГКОБЕТОННОЙ СМЕСИ, УЛОЖЕННОЙ В ОПАЛУБКУ, ПО СУЩЕСТВУЮЩИМ МЕТОДИКАМ. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УКЛАДКИ С ПОЗИЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

DETERMINATION OF LATERAL PRESSURE OF LIGHT CONCRETE MIX LAID IN THE FORMWORK ACCORDING WITH EXISTING TECHNIQUES AND INSTALLATION PROCESS MODELING FROM THE POSITION OF OPERATIONAL IMPACTS

Произведен анализ существующих российских и зарубежных методик по определению бокового давления легкобетонной смеси, уложенной в опалубку. Определена область применения этих методик и учитываемые ими технологические факторы. Исследованы процессы, связанные с укладкой легкобетонной смеси в опалубочную систему, с позиции возникающих при этом эксплуатационных воздействий. Выявлено, что давление на опалубку по этим методикам определяется в зависимости от скорости бетонирования конструкции. Установлено, что распределение бокового давления легкобетонной смеси по высоте опалубки подобно воздействию тяжёлого бетона и может быть принято по аналогии с этюрами гидростатического давления, при этом необходимо приблизить свойства виброуплотняемой легкобетонной смеси к свойствам тяжелой жидкости с соответствующими значениями плотности. Разработана расчетная схема определения бокового давления в несъемной опалубке.

Ключевые слова: боковое давление, легкобетонная смесь, опалубка, гидростатическое давление, этюра гидростатического давления, тяжёлая жидкость, плотность, эксплуатационные воздействия

The analysis of existing Russian and foreign methods for determination of lateral pressure of light concrete mix laid in the formwork, its scope and technological factors is proposed as well as the study of the processes associated with the laying of light concrete mixture in the formwork system from the position of the resulting operational impacts. The results reveal that the pressure on the formwork for these methods depends on speed of concreting of the structure, and the distribution of lateral pressure light concrete mixture according to the height of the formwork is similar to the effects of heavy concrete and may be made by analogy with the plots of hydrostatic pressure, it is necessary to bring the properties of light concrete mix that consolidate by vibration to the properties of the heavy liquids with the corresponding density values.

Keywords: lateral pressure, light concrete mixture, formwork, hydrostatic pressure, hydrostatic pressure plot, heavy liquid, density, operational impact

Боковое давление бетонной смеси на вертикальную поверхность опалубки является основополагающим параметром при выборе опалубочной системы [1–6]. Существует большое количество методик по исследованию бокового давления легкобетонной смеси на опалубку, которые с разных позиций определяют влияние бокового давления с использованием различных критериев воздействия, при этом общепризнанные методики по данному вопросу отсутствуют. В основном давление на опалубку по существующим методикам определяется в зависимости от скорости бетонирования конструкции.

В настоящее время за рубежом и в России применяют следующие методики.

В Германии используют методику DIN 18218, которая определяет максимальное давление бетонной смеси на опалубку как гидростатическое. Опре-

деление давления бетона по диаграммам DIN 18218 действительно в довольно узких условиях [7]:

- объёмный вес бетонной смеси 25 кН/м^3 ;
- конец схватывания бетона через 5 ч;
- температура свежего бетона $+15^\circ\text{C}$;
- уплотнение глубинными вибраторами;
- плотная опалубка.

Методика CIRIA-REPORT 108 (Великобритания) имеет область применения независимо от консистенции, при этом $5^\circ\text{C} < T < 30^\circ\text{C}$ [7]. Для коэффициента добавок $C_2 < 1,0$ значение коэффициента температуры $K_t < 1,0$ (без ограничений для снижения давления бетона при использовании бетонных наполнителей и температуры свежего бетона $+15^\circ\text{C}$). Тогда $P_{\text{max}} < 90 \text{ кН/м}^2$ для стен. Кроме того, данная методика может применяться независимо от высоты бетонирования.

Расчёты по методике CIB-FIB-CEB (Франция) [7] учитывают следующие факторы влияния:

- высоту бетонирования;
- толщину стен d (в мм);
- вертикальную скорость свежеприготовленной бетонной смеси;
- величину осадки (в мм) по норме P18-305;
- температуру свежеприготовленной бетонной смеси.

В методике ACI 347R (США) для расчёта давления свежеприготовленной бетонной смеси различают формы поперечного сечения и диапазоны скорости бетонирования. При этом учитываются:

- форма поперечного сечения;
- вертикальная скорость;
- температура свежеприготовленной бетонной смеси;
- высота бетонирования.

В качестве предельных значений давления для стен установлены следующие:

$$P_{\min} = 28,74 \text{ кН/м}^2;$$

$$P_{\max} = 95,8 \text{ кН/м}^2 \text{ или } P_{\max} = 93,5 \cdot h \text{ кН/м}^2.$$

За основу принимается меньшее значение.

В России до выхода в свет СНиП III-15-76 зависимость по определению бокового давления бетонной смеси имела вид:

- при уплотнении бетонной смеси глубинными вибраторами:

$$P = \gamma \cdot h \text{ при } h < R, V < 0,75 \text{ м/ч};$$

$$P_{\max} = \gamma \cdot (0,27V + 0,78) \cdot K_1 \cdot K_2 \text{ при } h > 1 \text{ м}, V > 0,5 \text{ м/ч}, \quad (1)$$

где γ – плотность бетонной смеси, кг/м³; h – высота свежеслоя бетонной смеси, оказывающего давление на опалубку, м; R – радиус действия глубинного вибратора, м; K_1 – коэффициент, учитывающий подвижность бетонной смеси (принимается равным 0,8 для жесткой и малоподвижной смеси с осадкой конуса 0–2 см; 1 – для смесей с осадкой конуса 4–6 см; 1,2 – для смесей с осадкой конуса 8–12 см); K_2 – коэффициент, зависящий от температуры укладываемой бетонной смеси (принимается равным 1,15 для смесей с температурой 5–7 °С; 1 – для смесей

с температурой 12–17 °С; 0,85 – для смесей с температурой 28–32 °С; для промежуточных температур значения коэффициента K_2 следует принимать по большей величине);

- при уплотнении бетонной смеси наружными вибраторами:

$$P = \gamma \cdot h \text{ при } h < 2R_1, V < 4,5 \text{ м/ч};$$

$$P_{\max} = \gamma \cdot (0,27V + 0,78) \cdot K_1 \cdot K_2 \text{ при } h > 2 \text{ м}, V > 4,5 \text{ м/ч}, \quad (2)$$

где R_1 – радиус действия наружного вибратора, м.

Во всех случаях давление бетонной смеси рекомендуется ограничивать гидростатическим давлением, приближая свойства виброуплотняемой бетонной смеси к свойствам тяжелой жидкости с соответствующими значениями плотности.

Распределение бокового давления по высоте опалубки может быть принято по аналогии с эпюрами гидростатического давления, которые приведены на рис. 1. Такая эпюра удобна для расчётов, хотя даёт несколько завышенные значения $P_{\max}$. Результирующая нагрузка равна площади треугольной эпюры и рассчитывается по формуле

$$P_n = \frac{\gamma \cdot P^2}{2}. \quad (3)$$

Фактическое распределение бокового давления определяется в нижней части эпюры криволинейным участком (рис. 1, а). Высота $h_{\max}$ (рис. 1, в), на которой боковое давление имеет наибольшее значение, зависит от скорости бетонирования и быстроты схватывания бетона. Для бетонов на ординарных цементах (портландцемент, шлакопортландцемент и др.) значение $h_{\max} = \frac{2}{3} H$, а $P = (0,4-0,5)P_{\max}$. Для удобства использования в практических расчётах такая эпюра заменяется трапециевидной соответствующей площади.

При невысоких скоростях бетонирования в нижней части несъёмной опалубки появляются силы сцепления с бетоном конструкции, которые направлены противоположно боковому давлению. С учётом сцепления в нижней части опалубки эпюра бокового давления приобретает вид, показанный на рис. 2.

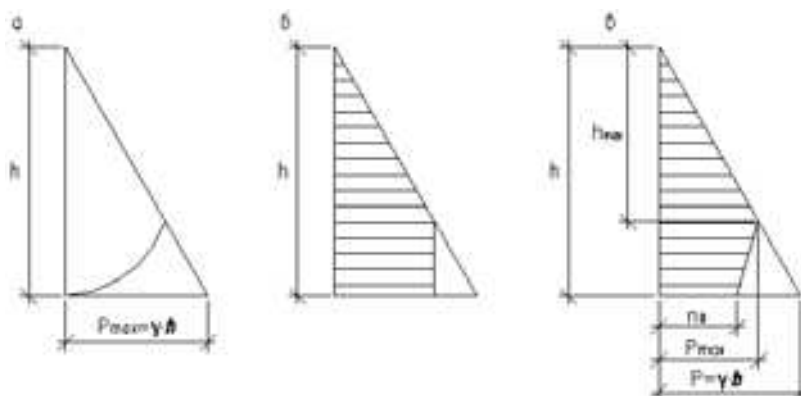


Рис. 1. Распределение давления бетонной смеси по высоте опалубки:
а – эпюра давления теоретическая; б – то же упрощенная расчётная; в – то же треугольная расчётная

При этом горизонтальная нагрузка равна 0, если сцепление равно боковому давлению $P_{бок}$.

Кроме бокового давления бетонной смеси (статической составляющей нагрузки), необходимо учитывать:

- динамические воздействия на опалубку от сбрасывания смеси $P_{дин}$;
- нагрузки от вибрирования бетонной смеси $P_{виб}$.

В табл. 1 приведена зависимость горизонтальных динамических нагрузок на вертикальную опалубку от способа подачи бетонной смеси.

Расчётную горизонтальную нагрузку следует определять по формуле

$$P_p^n = \sum_{i=0}^n P_{H_i}^e \cdot K_i,$$

(4)

где $P_{H_i}^e$ – нормативная (i-я горизонтальная нагрузка, Па); K_i – коэффициент перегрузки, значения которого приведены в табл. 2.

Действующий в настоящее время СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции» регламентирует нагрузки для расчётов опалубок монолитных конструкций как для наружного, так и для внутреннего вибрационного способа уплотнения. Расчётной формулой для определения

максимального бокового давления возможно пользоваться только в узком диапазоне бетонных смесей, в частности СП не оговаривает расчёт нагрузок на опалубку от лёгкой бетонной смеси. В целях упрощения расчётов в последней редакции СП распределение бокового давления бетонной смеси по высоте принято по аналогии с гидростатическим давлением – по треугольной эпюре, без учёта сил трения бетонной смеси об опалубку и толщины бетонируемой конструкции, а также других технологических факторов [8,9].

Б.Г. Гусев [10], И.С. Файвусович, анализируя опытные данные, доказывают, что необходимо применять уравнения Флорина-Био. Как известно, указанная теория основана на следующих предпосылках: поровая жидкость – сжимаемая, минеральная часть твердой фазы вместе с водно-коллоидными связями (скелетом) подчиняется уравнениям линейной упругости. Объёмные изменения такой среды пропорциональны среднему давлению, а деформации сдвига – сдвигающим напряжениям. Взаимодействие фаз представлено воздействием поровой жидкости на скелет в виде объёмных или массовых сил. Закономерность изменения соотношения фаз

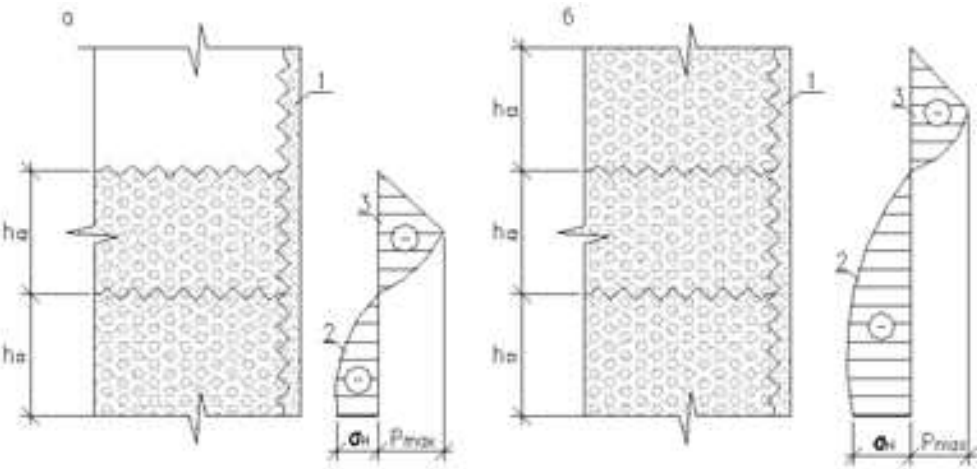


Рис. 2. Боковое давление бетонной смеси с учётом сцепления бетона с опалубкой:
а – при двухслойном варианте бетонирования; б – при трёхслойном варианте бетонирования

Таблица 1

Динамические нагрузки на вертикальную опалубку

Способ подачи	Нагрузка, Па
Спуск по лоткам и хоботам, а также подача непосредственно из бетонопроводов	4000
Выгрузка из бадей объёмом 0,2-0,8 м³	4000
Выгрузка из бадей объёмом 0,8 м³	6000

Таблица 2

Значения коэффициента перегрузки

Нагрузка	Коэффициент перегрузки
Ветровая	1,2
От бокового давления бетонной смеси и от сотрясений при выгрузке бетонной смеси	1,3

в единице объёма определяется, как в теории Терцаги-Герсеванова [11,12], законом фильтрации воды через пористый скелет и условиями неразрывности твердой и жидкой фаз. Приходят к выводу, что при укладке бетона литевой консистенции слоями равной толщины и интервалом времени, пренебрегая изменениями давления по координатам и учитывая только изменение давления по времени, возможно применить метод суммирования.

В.М. Сивко отмечает [13], что коэффициент бокового распора растёт с увеличением плотности бетонной смеси и равен 0,2–0,5. Величина коэффициента не зависит от колебаний рабочего органа вибратора. Коэффициент возрастает при увеличении В/Ц отношения, например, для В/Ц=0,42 коэффициент $k=0,8-1$, т.е. смесь приближается к гидростатической среде. Осевые напряжения по ширине изделия выражены параболой, максимальной в середине формы, у стенок несколько меньше, что автор объясняет влиянием трения смеси о стенки опалубки.

В общем случае по своему строению и концентрации дисперсной фазы бетонной смеси идентичны, по мнению Н.П. Блещика [14], связным, особенно водонасыщенным малопрочным грунтам. Поэтому логично рассмотреть используемые в механике грунтов методы оценки физико-механических свойств и уравнения состояния при сдвиге с точки зрения применения их к бетонным смесям.

Понятие о двух видах давления в грунтах – в скелете и воде – предложено Терцаги [13] в 1925 г. и описывается уравнением

$$P = P_p + P_w \quad (5)$$

где P – общее давление в пределах рассматриваемого сечения; P_p , P_w – давление, воспринимаемое соответственно скелетом грунта и водой.

Н.П. Блещик [14] считает, что в первый момент давление воспринимается только водой, находящейся в порах, при этом появляется дополнительный, по сравнению с гидростатическим, напор, который принимают за дополнительное давление поровой воды и называют поровым давлением. Таким образом, была сформулирована теория порового давления, согласно которой давление в скелете грунта – эффективное, давление в воде – поровое (или нейтральное), а их сумма – тотальное давление. По мнению автора, напряжённое состояние во время разрушения грунта, а также возможность изменения его объёма зависят только от эффективных напряжений.

При проведении экспериментов по определению бокового давления бетонной смеси было замечено, что фактическое значение давления бетонной смеси несколько ниже расчётного [11,12]. Характер изменения давления менялся в зависимости от применяемых материалов опалубки, как показано на рис. 3.

Уменьшение давления бетонной смеси на опалубку авторы объясняют влиянием сил трения, возникающих между опалубкой и бетонной смесью, и образованием в связи с небольшой толщиной стены сводов в бетонной смеси. В результате значительная часть нагрузки от бетонной смеси передаётся на опалубку как вертикальная составляющая.

К аналогичному выводу приходит С.М. Анпилов [7] и предлагает помимо горизонтальной нагрузки на опалубку рассчитывать вертикальную нагрузку, используя зависимость

$$H_v = N_r \cdot H_s \cdot L_s \cdot K_m \quad (6)$$

где N_r – средняя динамическая или статическая нагрузка, действующая на элемент опалубки, H ; H_s – высота опалубки, м; L_s – длина палубы опалубки, м;

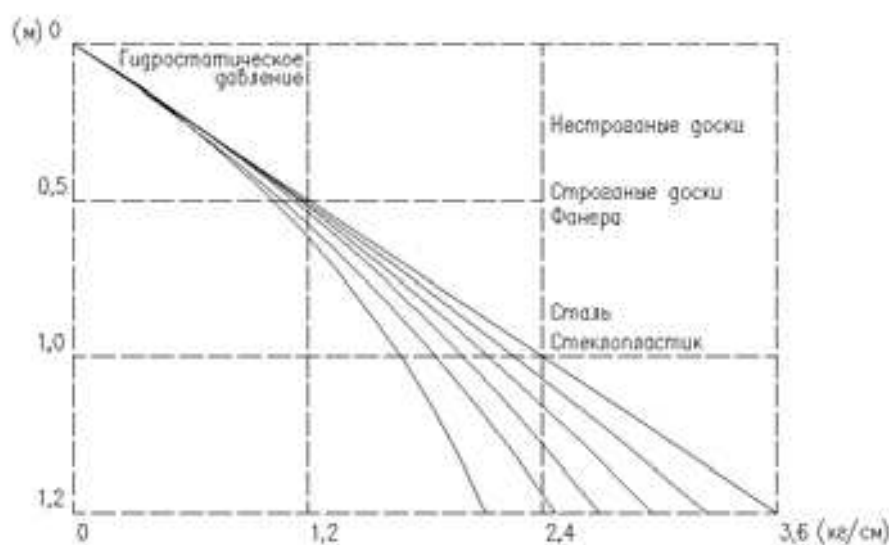


Рис. 3. Характер изменения давления бетонной смеси в зависимости от материала опалубок (по данным И.Г. Совалова, В.Д. Топчий [15])

K_m – коэффициент трения бетонной смеси о воспринимающую поверхность опалубки.

Американский институт бетона на основе 350 проведенных опытов предлагает величину бокового давления бетонной литевой консистенции рассчитывать по зависимости

$$P=W \cdot h, \quad (7)$$

где P – боковое давление бетонной смеси; W – удельная масса бетона; h – высота слоя жидкости или бетонной массы.

Анализ технологических факторов, влияющих на величину бокового давления, исследуется во всех вышеперечисленных методиках.

Основными факторами, влияющими на величину бокового давления бетонной смеси на опалубку, А.А. Афанасьев [16] считает:

- плотность бетона, толщину слоя, укладываемого за один приём;

- структурно-технологические свойства бетона (подвижность, коэффициент раздвижки зёрен крупного заполнителя, плотность заполнителя, водопотребность и водоотдача, сроки схватывания и качество цемента, температурно-влажностный режим твердения);

- способ уплотнения бетона, режим виброуплотнения бетона (A ; W – амплитуда и частота вибровоздействия), параметры давления при вибронагнетании;

- положение вибромеханизма относительно опалубочной системы (глубинное, поверхностное, навесное положение вибратора);

- режим загрузки смеси (мелкими порциями, непрерывно, послойно или большими порциями локально), силы трения между опалубкой и свежим бетоном.

При разработке DIN 18218 восемнадцать факторов, влияющих на боковое давление бетонной смеси, были классифицированы по степени важности в три группы:

1 – скорость бетонирования, объёмный вес бетона, вид уплотнения, толщина вибрируемого слоя, консистенция бетонной смеси, температура свежего бетона;

2 – время твердения, добавки к бетону, поровое давление, продолжительность вибрации, конструкция опалубки и её жёсткость;

3 – способ укладки бетона, вид и крупность заполнителя, вид и количество цемента, толщина слоя бетонирования, насыщенность конструкции арматурой.

Моделирование эксплуатационных воздействий легковесной смеси в процессе укладки в опалубку может быть осуществлено расчётно-экспериментальным путём [17]. Для этого предлагается следующая расчётная схема определения бокового давления, представленная на рис. 4.

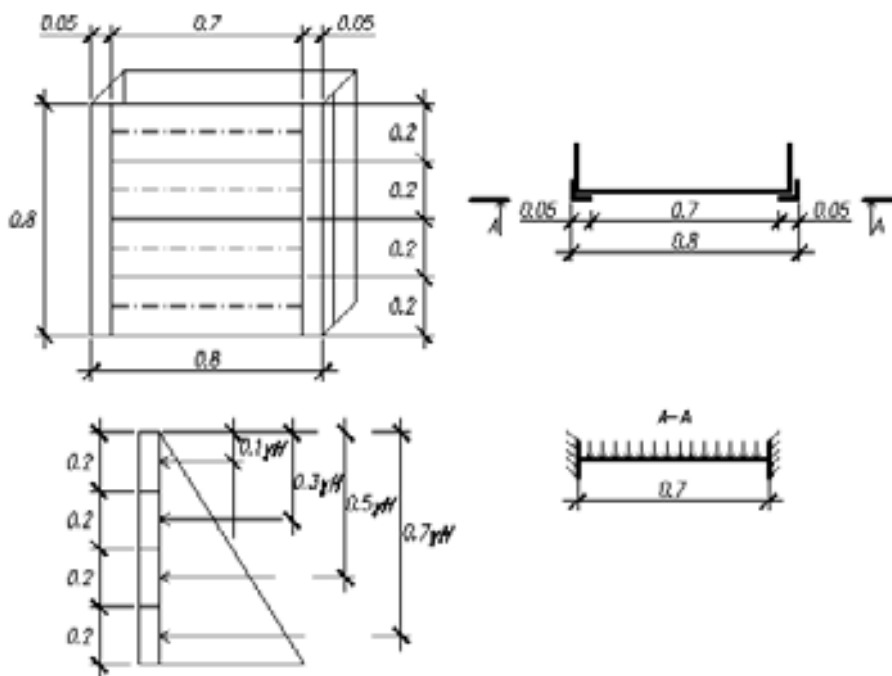


Рис. 4. Расчётная схема определения бокового давления в несъёмной опалубке

Вывод. В результате экспериментальных исследований и моделирования условий эксплуатации можно получить значение воздействия послой-

но уложенной легковесной смеси определённого состава на стенки опалубки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шугуан Х., Чжоу В. Легкие бетоны. М.: АСВ, 2016. 304 с.
2. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Основы бетоноведения. СПб.: Строй-Бетон, 2006. 696 с.
3. Пьюрифой Р. Опалубка для бетонных конструкций: пер. с англ. М.: Стройиздат, 1981. 211 с.
4. Баженов Ю.М., Король Е.А., Ерофеев В.Т., Митина Е.А. Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности. Основы теории, методы расчета и технологическое проектирование. М.: АСВ, 2008. 320 с.
5. Рязанова Г.Н., Камбург В.Г., Ткаченко А.Н. Модельные представления технологии возведения ограждающих конструкций в несъемной опалубке с заполнением крупнопористым керамзитобетоном // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2008. №2. С. 79–85.
6. Шмит О.И. Опалубка для монтажного бетона / пер. с нем. Л.М. Айторн; под ред. Н.И. Евдокимова. М.: Стройиздат, 1987. 87 с.
7. Анпилов С.М. Опалубочные системы для монолитного строительства. М.: АВС, 2005. 280 с.
8. Ярмаковский В.Н., Семченков А.С. Конструкционные легкие бетоны новых модификаций в ресурсоэнергосберегающих строительных системах зданий // Academia. Архитектура и строительство. 2010. №3. С. 31–39.
9. Петров В.П., Макридин Н.И., Ярмаковский В.Н. Пористые заполнители и легкие бетоны. Материаловедение. Технология производства: учебное пособие / СамГАСУ. Самара, 2009. 436 с.
10. Гусев Б.В., Файвусович А.С. Технологическая механика вибрируемых бетонных смесей. М.: Научный мир, 2002. 250 с.
11. Терцаги Карл. Теория механики грунтов / пер. с нем. И.С. Утевский; под общ. ред. Н.А. Цитовича. М.: Госстройиздат, 1961. 250 с.
12. Герсванов Н.М. Исследования в области динамики грунтовой массы, механики и прикладной математики // Собрание сочинений: в 2 т. М.: Стройиздат, 1948. 373 с.
13. Сивко В.И. Основы механики вибрируемой бетонной смеси. Киев, 1987. 167 с.
14. Блещик Н.П. Структурно-механические свойства и реология бетонной смеси. Минск: Наука и техника, 1977. 232 с.
15. Совалов И.Г., Топчий В.Д. Опалубочные работы. М.: Стройиздат, 1971. 192 с.
16. Афанасьев А.А. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона. М.: Стройиздат, 1990. 380 с.
17. Рязанова Г.Н., Камбург В.Г., Баранова Т.И., Ткаченко А.Н. Технология и моделирование процесса возведения ограждающих конструкций из крупнопористого керамзитобетона в несъемной опалубке // Academia. Архитектура и строительство. 2008. №2. С. 71–76.
18. Рязанова Г.Н., Камбург В.Г. Совершенствование технологического моделирования теплоэффективных ограждающих конструкций в несъемной опалубке // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2008. Т.1. С. 429–430.
19. Рязанова Г.Н., Камбург В.Г. Моделирование технологии возведения самонесущих конструкций из крупнопористого керамзитобетона в несъемной опалубке из цементно-стружечных плит // Региональная архитектура и строительство. 2009. №1. С. 74–78.
20. Рязанова Г.Н., Камбург В.Г. Совершенствование технологии возведения ограждающих конструкций в несъемной опалубке: монография. Пенза: ПГУАС, 2010. 105 с.
21. Панфилов Д.А. Экспериментальные исследования прогибов изгибаемых железобетонных элементов, изготовленных из обычных и высокопрочных бетонов // Бетон и железобетон. 2011. №6. С.8.

Об авторах:

РЯЗАНОВА Галина Николаевна

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительного производства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: ryzanovagn55@mail.ru

ПРОКОПЬЕВА Анастасия Юрьевна

магистрант 2-го года обучения кафедры технологии и организации строительного производства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: lady.schinckareowa2010@yandex.ru

RYAZANOVA Galina N.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Technology and Organization of Construction Operations Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: ryzanovagn55@mail.ru

PROKOPYEVA Anastasia Yu.

Master's Degree Student of the Industrial and Civil Engineering Faculty Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: lady.schinckareowa2010@yandex.ru

Для цитирования: Рязанова Г.Н., Прокопьева А.Ю. Определение бокового давления легкогобетонной смеси, уложенной в опалубку, по существующим методикам. Моделирование процесса укладки с позиции эксплуатационных воздействий // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 14–19. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.3.
For citation: Ryzanova G.N., Prokopyeva A.Yu. Determination of lateral pressure of light concrete mix laid in the formwork according with existing techniques and installation process modeling from the position of operational impacts // Urban construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 14–19. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.3.

А.И. СНЕГИРЁВА
Д.А. КРЕТОВ

РАСЧЕТ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ МАТРИЦЫ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ НАГРУЖЕНИИ

CALCULATION OF THE ADVANCED REINFORCED CONCRETE DIE UNDER IMPULSE LOADING

Приводится описание разработанной в рамках научно-практических работ авторов модели железобетонной матрицы для гидровзрывной штамповки. Для матрицы разработан метод расчета и составлены уравнения движения элементов конструкции для взрывной нагрузки. Проведен теоретический расчет конструкции в математической среде Mathcad. Полученные данные сопоставлены с ранее проведенными исследованиями. По результатам сравнения усовершенствованная конструкция матрицы менее подвержена деформированию, чем существующая модель. Показано, что предлагаемая конструкция матрицы отличается от существующих аналогов повышенной долговечностью.

Ключевые слова: кольцевые железобетонные матрицы, уравнения движения, импульсные нагрузки, гидровзрывная штамповка, бетон, твердеющий под давлением

В настоящее время в области производства летательных аппаратов распространено мелкосерийное производство отдельных элементов. Так как изготавливаемые детали имеют повышенные требования по точности и качеству, при их формообразовании рекомендовали себя взрывные способы штамповки.

Передающей средой для получения наиболее качественной детали лучше всего подходит водная среда, что подтверждается как расчетами [1], так и технологическими особенностями [2]. Для гидровзрывной штамповки изделий небольшими партиями экономически целесообразно использовать железобетонные матрицы из-за их дешевизны и относительной простоты изготовления.

Существенным недостатком использования железобетона при взрывных воздействиях является разрушение при многократно повторяющихся нагрузках. Одним из путей решения проблемы стало использование высокопрочного бетона. Повышенные прочностные характеристики достигались за счет твердения бетона под давлением.

В работе [3] рассмотрены опытные образцы железобетонных матриц для гидровзрывной штамповки, представляющие собой толстостенный цилиндр высотой 200 мм и диаметром 426 мм. Матрицы имели внутреннее и наружное обрамление из металлических колец с заполнением пространства

The description of the model of reinforced concrete die for hydraulic stamping developed in the framework of scientific and practical work is provided. This invention differs from existing analogues in its increased durability. For the die the calculation method is developed and equations of motion of the structural elements for the explosive load are made up. A theoretical calculation of the structure in the mathematical environment of Mathcad is carried out. The obtained data are compared with earlier researches. By comparison the advanced die is less susceptible to deformation than the existing model. Thus the proposed die is more durable.

Keywords: annular reinforced concrete dies, equations of motion, impulse loading hydraulic stamping, concrete curing under pressure

между ними бетоном. Общий вид матрицы представлен на рис. 1.

В процессе твердения на свободную бетонную поверхность оказывали давление посредством пресса и специальной установки, разработанной А.И. Снегирёвой. Величина давления на бетон составляла порядка 50 кг/см².

Как показал эксперимент [4], элементы матрицы работают совместно только на первоначальном этапе деформирования. В дальнейшем наблюдается отделение наружного кольца с бетоном и внутрен-



Рис. 1. Общий вид кольцевой матрицы

него кольца друг от друга. Причем наибольшие радиальные деформации наблюдаются у наружного кольца с бетоном.

Эксперимент показал характер снижения работоспособности матрицы в зависимости от величины используемого заряда бризантных взрывчатых веществ. При линейном заряде 10 г/м образовывались трещины, но признаков разрушения бетона и остаточных деформаций от сжатия не обнаруживалось после 10 повторений нагружений. При величине заряда 20 г/м картина полностью повторялась. При 30 г/м после 10 загрузок проявились остаточные деформации во внутреннем металлическом кольце, что могло привести к нарушению допусков штампующих деталей. При заряде 40 г/м ресурса матриц хватало только на две-три штамповки.

Для повышения долговечности разработана усовершенствованная конструкция железобетонной матрицы [5, 6]. Отличием от ранее существующей конструкции является наличие гидравлической камеры внутри конструкции матрицы. Она располагается между наружным металлическим кольцом

и массивом бетона. Это позволит создавать прессовочное давление на твердеющий бетон, не используя дорогостоящих прессов, а также гидравлическая камера позволит контролировать величину давления в ходе всего процесса штампования.

Кроме введения гидравлической камеры, новая конструкция матрицы отличается введением компенсационного слоя между внутренним металлическим кольцом и бетонным сектором. Данный слой представляет собой слой резины.

Для расчета полученной конструкции были составлены уравнения движения отдельных элементов и матрицы в целом при действии импульсной нагрузки. Составление уравнений и расчет осуществлялись при помощи математической вычислительной системы Mathcad. В связи с добавлением в конструкцию дополнительного промежуточного слоя, для решения системы уравнений вводится дополнительное уравнение движения компенсационного слоя. При этом за основу взята проверенная [3] математическая модель железобетонной кольцевой матрицы.

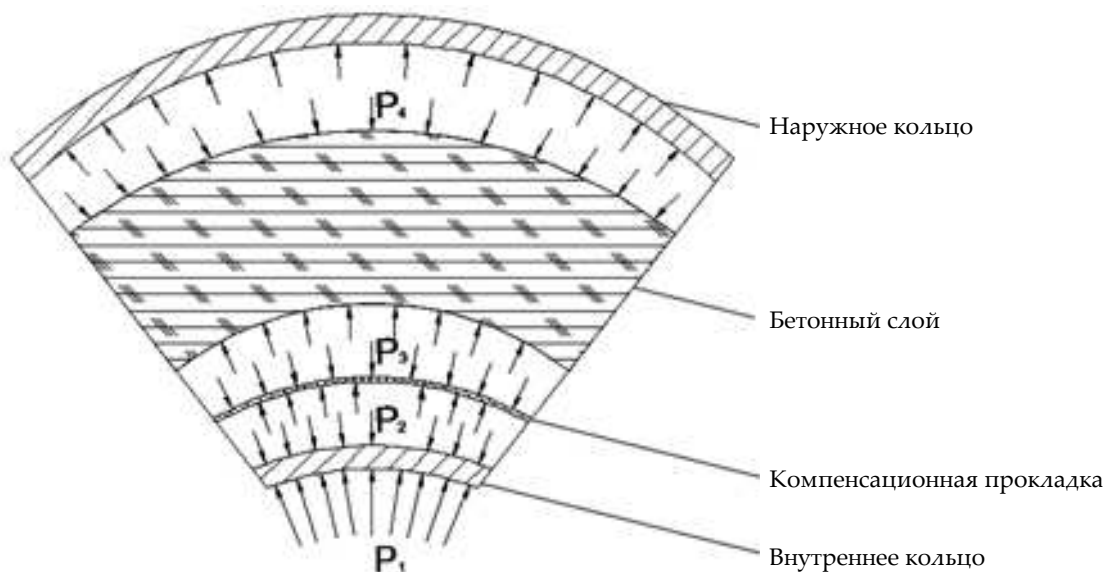


Рис. 2. Расчетная схема сектора железобетонной матрицы

Для внутреннего металлического кольца уравнение движения примет вид:

$$\delta_1 \cdot \rho_s \cdot y'' + \rho_0 \cdot C_0 \cdot y' + \frac{\delta_1 \cdot E_s}{R_B^2} \cdot y = P_1 - P_2, \quad (1)$$

где y'' – радиальное ускорение матрицы, м/с²;
 y' – радиальная скорость перемещения матрицы, м/с;
 y – радиальное перемещение матрицы, м;
 ρ_s – динамическая плотность металлического кольца, кг·с²/м⁴;
 δ_1 – толщина внутреннего металлического кольца, м;

ρ_0 – динамическая плотность водной среды, кг·с²/м⁴;
 C_0 – скорость распространения звука в водной среде, м/с;
 E_s – модуль упругости металлических колец, кг/м²;
 R_B – радиус внутреннего металлического кольца матрицы, м;
 P_1 – удельное равномерное давление на стенки внутреннего кольца, возникающее при взрывном воздействии, кг/м²;
 P_2 – удельное давление внутреннего металлического кольца на компенсационную прокладку, кг/м².

Давление P_1 возможно рассчитать по формуле

$$P_1 = 2 \cdot P_m \cdot e^{-\frac{t}{\theta}}, \quad (2)$$

где P_m – максимальное давление ударной волны, кг/м²;
 t – время с момента взрыва, с;
 θ – экспоненциальная постоянная затухания давления в падающей ударной волне, с.

Максимальное давление ударной волны P_m определяется по формуле Р. Коула [7] как для ударной волны, распространяющейся в воде при действии линейного заряда:

$$P_m = 857 \cdot \left(\frac{q^{0,5}}{R} \right)^{0,71}, \quad (3)$$

где q – погонный вес заряда, кг/м;
 R – расстояние от оси взрыва до внутреннего кольца матрицы, м.

Экспоненциальная постоянная затухания давления в падающей ударной волне показывает время, в течение которого давление падает в e раз:

$$\theta = 0,115 \cdot 10^{-3} \cdot q^{0,5} \cdot \left(\frac{R}{q^{0,5}} \right)^{0,43}. \quad (4)$$

Для компенсационной прокладки уравнение движения примет вид:

$$\delta_2 \cdot \rho_2 \cdot y'' + \frac{\delta_2 \cdot E_2}{(R_B + \delta_1)^2} \cdot y = P_2 - P_3, \quad (5)$$

где δ_2 – толщина компенсационной прокладки, м;
 ρ_2 – динамическая плотность компенсационной прокладки, кг·с²/м⁴;
 E_2 – модуль упругости компенсационной прокладки, кг/м²;
 P_3 – удельное давление компенсационной прокладки на бетонный сектор, кг/м².

Бетонный сектор имеет следующее уравнение движения:

$$\delta_3 \cdot \rho_3 \cdot y'' = P_3 - P_4 \cdot \frac{R_H}{R_B}, \quad (6)$$

где δ_3 – толщина бетонного слоя, заключенного между наружным металлическим кольцом и компенсационной прокладкой, м;
 ρ_3 – динамическая плотность бетона, кг·с²/м⁴;
 R_H – радиус наружного металлического кольца матрицы, м;
 P_4 – удельное давление бетонного сектора на наружное металлическое кольцо, кг/м².

Для наружного металлического кольца уравнение движения примет вид:

$$\delta_4 \cdot \rho_4 \cdot y'' + \frac{\delta_4 \cdot E_4}{R_H^2} \cdot y = P_4, \quad (7)$$

где δ_4 – толщина наружного металлического кольца, м.
 Подставим уравнения (1), (5), (7) с учетом (2), (3), (4) в (6) и запишем полученное уравнение в виде

неоднородного дифференциального уравнения второго порядка:

$$y'' + p_k \cdot y' + q_k \cdot y = T_k \cdot e^{-\frac{t}{\theta}}, \quad (8)$$

где p_k, q_k, T_k – коэффициенты неоднородного дифференциального уравнения второго порядка.

Коэффициенты можно найти из следующих уравнений:

$$p_k = \frac{C_0 \cdot \rho_0}{\delta_1 \cdot \rho_s + \delta_2 \cdot \rho_2 + \delta_3 \cdot \rho_3 + \delta_4 \cdot \rho_4 \cdot \frac{R_H}{R_B}}, \quad (9)$$

$$q_k = \frac{\frac{E_s \cdot \delta_1}{R_B^2} + \frac{E_2 \cdot \delta_2}{(R_B + \delta_1)^2} + \frac{E_s \cdot \delta_4}{R_H \cdot R_B}}{\delta_1 \cdot \rho_s + \delta_2 \cdot \rho_2 + \delta_3 \cdot \rho_3 + \delta_4 \cdot \rho_4 \cdot \frac{R_H}{R_B}}, \quad (10)$$

$$T_k = \frac{2 \cdot P_m}{\delta_1 \cdot \rho_s + \delta_2 \cdot \rho_2 + \delta_3 \cdot \rho_3 + \delta_4 \cdot \rho_4 \cdot \frac{R_H}{R_B}}. \quad (11)$$

Общее решение неоднородного дифференциального уравнения второго порядка (8) можно записать в виде:

$$y = e^{\alpha \cdot t} \cdot (C_1 \cdot \cos(\beta \cdot t) + C_2 \cdot \sin(\beta \cdot t)) + A \cdot e^{-\frac{t}{\theta}}, \quad (12)$$

где α, β, A – числовые коэффициенты,

$$\alpha = -\frac{p_k}{2}; \quad \beta = \sqrt{q_k - \left(\frac{p_k}{2} \right)^2}; \quad A = \frac{T_k}{\frac{1}{\theta^2} - \frac{p_k}{\theta} + q_k};$$

C_1, C_2 – постоянные, которые возможно определить из начальных условий:

$$C_1 = -A; \quad C_2 = \frac{A}{\beta} \cdot \left(\frac{1}{\theta} + \alpha \right).$$

Подставляя значения C_1 и C_2 в уравнение (12), получаем:

$$y = A \cdot e^{\alpha \cdot t} \cdot \left(-\cos(\beta \cdot t) + \frac{1}{\beta} \cdot \left(\frac{1}{\theta} + \alpha \right) \cdot \sin(\beta \cdot t) + e^{-\left(\frac{1}{\theta} + \alpha \right) t} \right). \quad (13)$$

Для упрощения записи уравнения (13) воспользуемся формулой сложения гармонических колебаний (введение вспомогательного аргумента) при условии

$$M = \frac{1}{\beta} \cdot \left(\frac{1}{\theta} + \alpha \right);$$

$M \cdot \sin(\beta \cdot t) + (-1) \cdot \cos(\beta \cdot t) = \sqrt{M^2 + (-1)^2} \cdot \sin(\beta \cdot t + \varphi)$,
 где φ – вспомогательный аргумент.

Уравнение (13) примет вид:

$$y = A \cdot e^{\alpha \cdot t} \cdot \left(B \cdot \sin(\beta \cdot t + \varphi) + e^{-\left(\frac{1}{\theta} + \alpha \right) t} \right), \quad (14)$$

где $B = \sqrt{M^2 + (-1)^2}$.

При практических расчетах для максимальных перемещений величина $e^{-\left(\frac{1}{\theta} + \alpha\right)}$ очень мала. Если ею пренебречь, выражение (14) примет вид:

$$y = A \cdot e^{\alpha \cdot t} \cdot B \cdot \sin(\beta \cdot t + \varphi). \quad (15)$$

Таким образом, полученное выражение (15) определяет радиальные перемещения матрицы под нагрузкой.

По полученным уравнениям были составлены графики изменения радиальных перемещений матрицы (рис. 3). График 1 отображает изменения радиальных перемещений для матрицы в целом и может быть использован для приближенного расчета.

Если рассматривать изменение величины удельного давления внутреннего металлического кольца на компенсационную прокладку (P_2), обнаруживается, что значения P_2 меняют знак. Это объясняется тем, что внутреннее кольцо в некоторый момент времени (при $P_2=0$) меняет направление и начинает перемещаться в обратную сторону. Таким образом, внутреннее кольцо отделяется от остальной части матрицы (бетонный сектор и наружное металлическое кольцо) и они далее совершают колебания самостоятельно. Поэтому для более точного расчета требуется знать уравнения изменения перемещений внутреннего кольца и наружного кольца с бетоном.

Перемещение внутреннего кольца можно найти из уравнения (1) в момент времени, когда $P_2 = 0$. Для наружного кольца потребуется решить совместно уравнения (5), (6) и (7) при $P_2 = 0$. Полученные графики представлены на рис. 3.

Для проверки правильности полученной математической модели, в расчетной среде Mathcad были записаны уравнения, приведенные в работе [3]. Результаты сравнения полученных радиальных

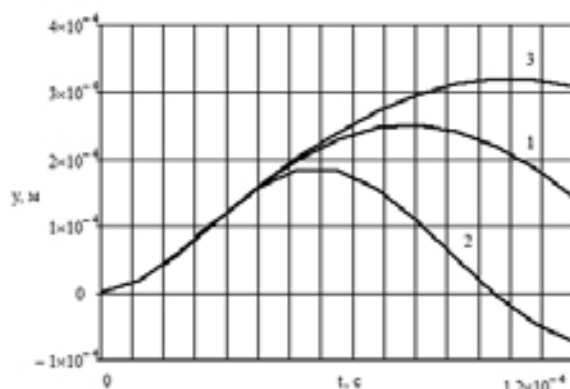


Рис. 3. Радиальные перемещения элементов матрицы (расчет в Mathcad):
1 – матрица в целом; 2 – внутреннее кольцо;
3 – наружное кольцо с бетоном

перемещений в среде Mathcad и при ручном расчете А.И. Снегирёвой показали высокую сходимость.

Используя уравнение (15), можно определить относительные деформации внутреннего и наружного металлических колец по формулам:

$$\varepsilon_1 = \frac{y}{R_B}; \quad \varepsilon_2 = \frac{y}{R_H}. \quad (16)$$

По полученным данным были построены графики. На графике (рис. 4) [3] также были отмечены экспериментальные точки.

Сопоставляя полученные значения, видно, что математическая модель матрицы с компенсационным слоем меньше деформируется при взрывных воздействиях.

В настоящее время ведется изготовление опытных образцов матриц с компенсационным слоем для получения экспериментальных данных и сравнения с теоретическими предположениями.

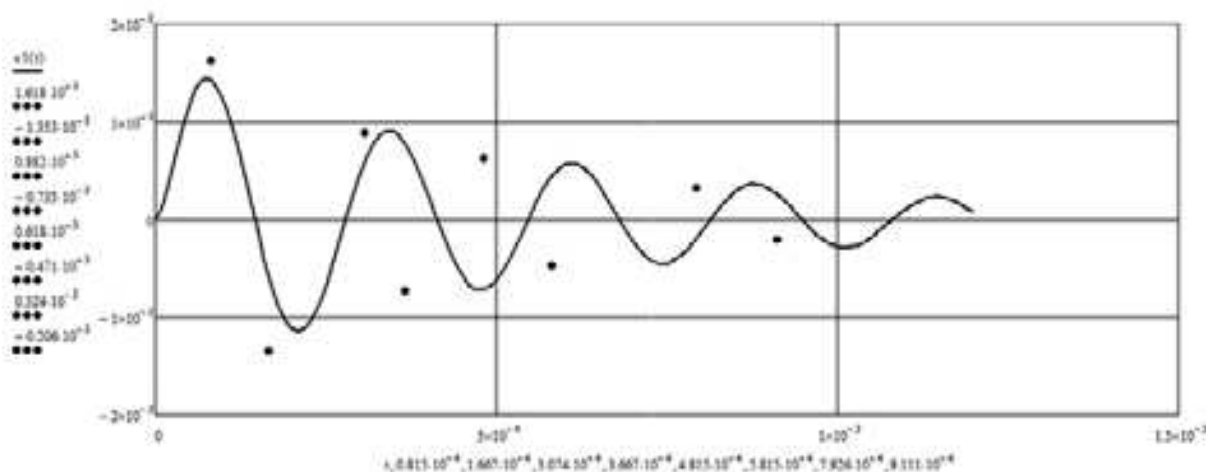


Рис. 4. Изменение относительных деформаций во времени

Вывод. Предложенная конструкция матрицы по теоретическим расчетам является более долговечной, чем существующие конструкции. Данный факт позволяет говорить об экономическом эффекте в случае необходимости изготовления изделий небольшими партиями или при экспериментальном производстве. Высокая сходимость расчетов, выполненных в Mathcad и в [3], подтверждает возможность использования данной математической модели для расчета усовершенствованных конструкций железобетонных кольцевых матриц для гидровзрывной штамповки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тлустенко С.Ф., Сытник В.А. Формообразование деталей взрывными процессами по условиям точности сборки агрегатов летательных аппаратов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2012. №5 (36). С. 109-112.
2. Степанов В.Г., Шавров И.А. Высокоэнергетические импульсные методы обработки металлов. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1975. 278 с.
3. Снегирёва А.И. Особенности работы железобетонных кольцевых матриц для гидровзрывной штамповки: дис. ... кандидата технических наук: 05.23.01. Самара, 1996. 127 с.
4. Мурашкин Г.В., Снегирёва А.И. Особенности определения долговечности железобетонных матриц для гидровзрывной штамповки // Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций: материалы Всероссийской научно-технической конференции, посвященной 70-летию заслуженного деятеля науки Российской Федерации, академика РААСН, доктора технических наук, профессора Селяева Владимира Павловича. Саранск: Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, 2014. С. 81–88.
5. Патент РФ № 2016103420, 02.02.2016 / Анпилов С.М., Мурашкин В.Г., Мурашкин Г.В., Снегирёва А.И., Кретов Д.А. Взрывная камера // Патент России № 168925. 2017. Бюл. № 6.
6. Патент РФ № 2015153950, 12.12.2015 / Анпилов С.М., Мурашкин Г.В., Мурашкин В.Г., Снегирёва А.И., Кретов Д.А. Взрывная камера // Патент России № 2619545. 2017. Бюл. № 14.
7. Коул Р. Подводные взрывы. М.: Изд-во иностр. лит., 1950. 495 с.

Об авторах:

СНЕГИРЁВА Антонина Ивановна

кандидат технических наук, профессор,
заведующая кафедрой строительства
Филиал Самарского государственного технического
университета в г. Белебее Республики Башкортостан
452000, Россия, Республика Башкортостан,
г. Белебей, ул. Советская, 11,
тел. (34786) 5-16-06
E-mail: A.I.Snegireva@gmail.com

КРЕТОВ Дмитрий Александрович

аспирант кафедры теории сооружений
и строительных конструкций
Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.
410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77,
тел. (8452) 99-87-84
E-mail: kretdima@rambler.ru

SNEGIREVA Antonina I.

PhD in Engineering Science, Professor,
Head of the Construction Chair
Samara State Technical University
Belebey branch (Republic of Bashkortostan)
452000, Russia, Republic of Bashkortostan,
Belebey, Sovetskaya str., 11,
tel. +7(34786) 5-16-06
E-mail: A.I.Snegireva@gmail.com

KRETOV Dmitry

Post-graduate Student of the Theory of Structures
and Building Construction Chair
Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin
410054, Russia, Saratov, Politekhnikeskaya str., 77,
tel. +7(8452)99-87-10
E-mail: kretdima@rambler.ru

Для цитирования: Снегирёва А.И., Кретов Д.А. Расчет усовершенствованной железобетонной матрицы при импульсном нагружении // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 20-24. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.4.
For citation: Snegireva A.I., Kretov D.A. Calculation of the advanced reinforced concrete die under impulse loading // Urban construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 20-24. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.4.

В.Б. ФИЛАТОВ
В.О. ГОРЫНЦЕВ
В.П. БИНДЕР

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК В ЗОНЕ ПОПЕРЕЧНОГО ИЗГИБА

RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF REINFORCED CONCRETE BEAMS RESISTANCE IN THE ZONE OF SHEAR BENDING

Представлены результаты экспериментального исследования прочности и напряженно-деформированного состояния железобетонных балок в зоне поперечного изгиба. Исследование проводилось на опытных образцах с малым процентом продольного армирования сечения. Представлена методика проведения испытаний, приведены данные о жесткости и трещиностойкости опытных образцов при нагружении, о характере их разрушения. Выполнено сопоставление опытных значений разрушающих нагрузок с расчетными величинами, полученными по методикам отечественных и зарубежных норм проектирования. Показано, что эмпирическая основа методик расчета ограничивает диапазон удовлетворительного соответствия расчетных и опытных значений прочности наклонных сечений железобетонных балок при действии поперечных сил. Сделан вывод о необходимости совершенствования расчетных моделей для обеспечения конструктивной безопасности проектных решений.

Ключевые слова: железобетон, поперечный изгиб, наклонное сечение, деформация

The results of an experimental study of the strength and stress-strain state of reinforced concrete beams in the zone of shear bending are presented. The study was carried out on samples with a small percentage of longitudinal section reinforcement. The technique of testing, data on the rigidity and crack resistance of test specimens under loading, the nature of their destruction are presented. Comparison of experimental values of failure loads with calculated values obtained by the methods of domestic and foreign design standards is performed. It is shown that the empirical basis of the calculation methods limits the range of satisfactory correspondence between the calculated and experimental values of the strength of inclined sections of reinforced concrete beams under the action of shear forces. The conclusion is made about the need to improve the design models to ensure the constructive safety of design solutions.

Keywords: reinforced concrete; shear bending, inclined section; strain

Условие прочности наклонных сечений изгибаемых элементов в действующих нормах по расчету железобетонных конструкций СП 63.13330.2012 «СНиП 52-01–2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» предусматривает, что усилие от внешних нагрузок, передаваемое на сечение, не должно превышать внутреннего предельного усилия в наклонном сечении. Для балки без поперечного армирования внутренним предельным усилием, определяющим несущую способность элемента при действии поперечных сил в соответствии с принятой в СП 63.13330.2012 расчетной моделью, является касательное усилие в сжатой зоне бетона Q_b . Аналитическое описание величины Q_b весьма затруднительно, поскольку железобетонная балка, являясь композитной конструкцией, в зоне поперечного изгиба находится в условиях плоского напряженного состояния, имеет нарушенную сплошность сечения вследствие образования и развития трещин, а сам материал проявляет упруго-пластические свой-

ства. Поэтому для определения величины Q_b традиционно используют эмпирический подход [1–3].

Нормативные методики расчета прочности изгибаемых железобетонных элементов на действие поперечных сил, принятые за рубежом (ACI 318 – 11, Eurocode 2), также являются эмпирическими. По структуре расчетных зависимостей наиболее близкими являются отечественный свод правил СП 63.13330.2012 и американские нормы (ACI 318 – 11), в которых касательное усилие в сжатой зоне бетона определяется только его прочностью. В европейских нормах (Eurocode 2) касательное усилие в сжатой зоне бетона зависит не только от прочности бетона, но и от величины процента продольного армирования, от высоты сечения изгибаемого элемента, влияние которых учитывается введением в расчетные зависимости эмпирических коэффициентов.

Анализ результатов экспериментальных исследований прочности наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов, представленный в работах

[4, 5], показывает, что прочность изгибаемых элементов действию перерезывающих сил зависит от процента армирования сечения продольной арматурой и высоты сечения элемента (так называемый «масштабный эффект»). Влияние процента продольного армирования балок на их сопротивление поперечному изгибу отмечалось и ранее [1], однако эмпирический характер расчетных зависимостей не позволял выделить и проанализировать влияние этого фактора. Значительное количество конструктивных параметров, влияющих на характер силового сопротивления железобетонных элементов, обуславливает необходимость их экспериментального исследования [6 – 9] с целью разработки предложений по дальнейшему совершенствованию расчетных моделей [10 – 12].

Цель проведенного исследования заключалась в изучении напряженно-деформированного состояния, прочностных и деформационных параметров железобетонных балок в зоне поперечного изгиба при малом проценте армирования. Было испытано два опытных образца, которые имели маркировку 2Б-0,95-22 и 2,5Б-0,95-22, где 2 и 2,5 – величина относительного пролета среза a/h_0 ; 0,95 – процент армирования сечения продольной арматурой; 22 – диаметр продольной арматуры, мм.

Опытные образцы представляли собой железобетонные балки длиной 2200 мм, прямоугольным поперечным сечением высотой 450 мм, шириной

200 мм. Балки армировались двумя стержнями арматуры диаметром 22 мм класса А500С. Поперечная арматура отсутствовала.

Физико-механические характеристики бетона определялись по испытаниям кубов номинальным размером 100 мм и призм размерами 150×150×600 мм. Кубы испытывались на сжатие и раскалывание. Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам» и ГОСТ 24452-80 «Бетоны. Методы определения призмной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона». Физико-механические характеристики арматуры определялись по данным испытаний на растяжение согласно ГОСТ 12004-81 «Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение» и ГОСТ Р 52544-2006 «Прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов А500С и В500С для армирования железобетонных конструкций».

Определенные по результатам испытаний средние значения призмной прочности бетона на сжатие и прочности бетона на осевое растяжение составили 36 и 2,42 МПа соответственно. По результатам испытаний бетонных призм на сжатие и образцов арматуры на растяжение были построены диаграммы « $\sigma - \epsilon$ » (рис. 1). Временное сопротивление арматуры разрыву по результатам испытаний составило 721 МПа.

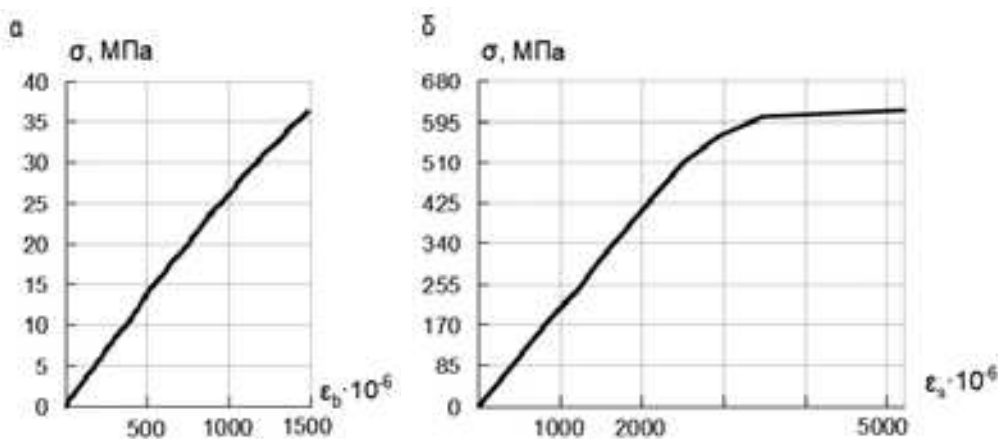


Рис. 1. Диаграмма « $\sigma - \epsilon$ » для бетона (а) и арматуры (б)

Для фиксации деформаций бетона и арматуры на их поверхности были наклеены тензометрические датчики, показания которых фиксировались с помощью тензометрического комплекса. Для измерения деформаций бетона использовались тензорезисторы с базой 50 мм, для арматуры применялись тензорезисторы с базой 10 мм. Деформации продольной арматуры измерялись в середине пролета, в сечениях под силой и в опирательной зоне, где тензорезисторы были установлены с шагом 50 мм на верхних и нижних волокнах стержней. Для предотвращения повреждений при бетонировании балки тензорези-

сторы покрывались эпоксидным составом. Для определения деформаций бетона в сечениях под силой и в середине пролета железобетонной балки были наклеены тензорезисторы с шагом 20 мм по высоте сечения. Определение величины и направления главных деформаций бетона производилось при помощи тензорозеток, установленных в средней части по высоте сечения балки и у сжатой грани в сечении под силой, в каждом пролете среза балки. Для измерения прогибов устанавливались прогибомеры ПАО-6 в середине пролета балки и в сечении под силой, схема расположения прогибомеров показана на рис. 2.

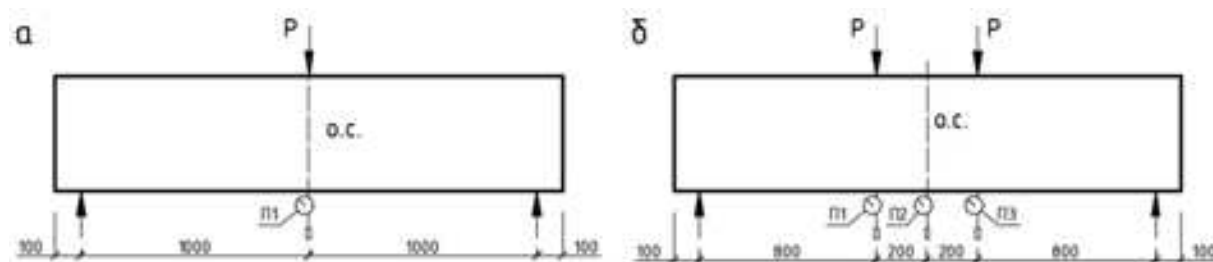


Рис. 2. Схема расположения прогибомеров на образце 2,5Б-0,95-22 (а) и образце 2Б-0,95-22 (б)

Испытания опытных образцов выполнялись на прессе Пр-500 по схеме шарнирно-опертой однопролетной балки с расчетным пролетом 2 м. Нагружение образцов выполнялось поэтапно с шагом по 19,6 кН, время выдержки на каждом этапе составляло 10 мин. На каждом этапе нагружения фиксирова-

лись показания тензорезисторов и прогибомеров, а также схема образования трещин и ширина их раскрытия. Вид образца 2Б-0,95-22 перед испытанием представлен на рис. 3.

При испытании образца 2Б-0,95-22 нормальные трещины образовались при нагрузке $P = 0,44P^{ult}$, при нагрузке $P = 0,67P^{ult}$ ширина раскрытия трещин составила $a_{cr} = 0,05$ мм. При дальнейшем нагружении образцы нормальные трещины увеличивались незначительно вследствие образования наклонных трещин. Максимальное значение ширины раскрытия нормальных трещин составляло $a_{cr} = 0,15$ мм. При нагрузке $P = 0,88P^{ult}$ образовалась наклонная трещина в левом пролете среза и с увеличением нагрузки продолжала развиваться к сечению под силой, ширина раскрытия трещины перед разрушением составила $a_{cr} = 2,5$ мм. Опытный образец разрушился во время выдержки при нагрузке 176,6 кН. Разрушение образца произошло вследствие среза сжатой зоны над наклонной трещиной. Вид образца после испытания представлен на рис. 4.

График распределения деформаций в нормальном сечении опытного образца в середине пролета при нагрузке 176,6 кН представлен на рис. 5, высота сжатой зоны по показаниям тензорезисторов составила 113 мм.



Рис. 3. Образец 2Б-0,95-22 перед испытанием

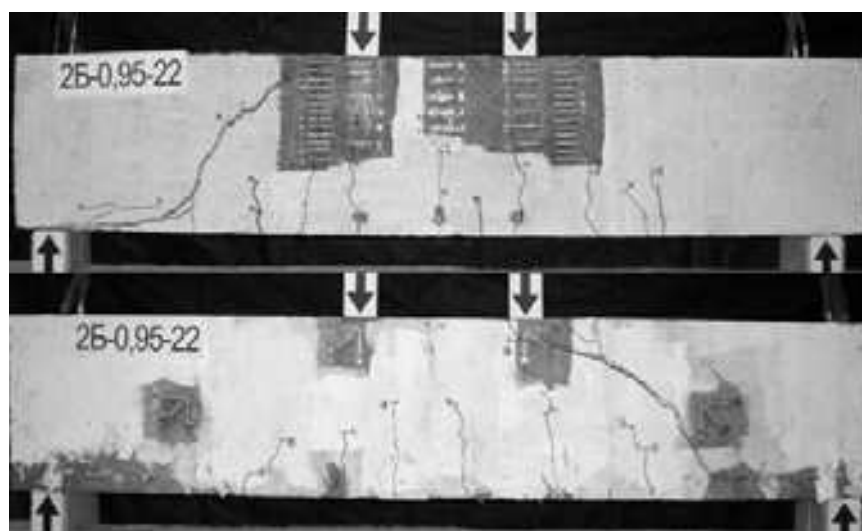


Рис. 4. Образец 2Б-0,95-22 после испытаний

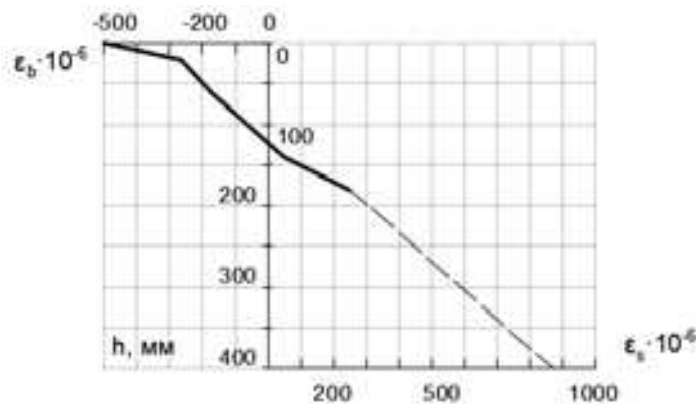


Рис. 5. График распределения деформаций в нормальном сечении опытного образца

На этапе нагружения перед разрушением балки деформации бетона сжатой грани составили $-450 \cdot 10^{-6}$ ЕОД, деформации растянутой арматуры составили $875 \cdot 10^{-6}$ ЕОД. Величины главных деформаций и

углов наклона главных площадок, вычисленные по показаниям тензорозеток в середине высоты сечения пролета среза и у верхней грани балки в сечении под силой, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Величины главных деформаций и углов наклона главных площадок в сечениях опытных образцов

Маркировка образца	Главные деформации в середине высоты сечения $\varepsilon \times 10^{-6}$ ЕОД		Угол наклона главных площадок, град.	Главные деформации в сечении под силой $\varepsilon \times 10^{-6}$ ЕОД		Угол наклона главных площадок, град.
	ε_{max}	ε_{min}		ε_{max}	ε_{min}	
2Б-0,95-22	2	-118	30	-45	-545	4
2,5Б-0,95-22	10	-48	34	-148	-742	14

До образования наклонной трещины осевые деформации по длине арматуры изменялись пропорционально изменению момента, максимальные деформации были отмечены в середине пролета образца. После образования наклонной трещины отмечен пик осевых деформаций арматуры в сечении на расстоянии 300 мм от левой опоры. Перед разрушением максимальные осевые деформации арматуры составили $1658 \cdot 10^{-6}$ ЕОД в точке пересечения с наклонной трещиной (рис. 6).

При испытании образца 2,5Б-0,95-22 нормальные трещины образовались при нагрузке $P = 0,43P^{ult}$. При уровне нагружения $P = 0,57P^{ult}$ ширина раскрытия нормальных трещин составляла $a_{ср} = 0,05$ мм. При нагрузке $P = 0,65P^{ult}$ ширина раскрытия нормальных трещин составляла $a_{ср} = 0,1$ мм. Нормальные трещины по мере увеличения нагрузки раскрывались незначительно, и при разрушении образца ширина их раскрытия составляла порядка 0,2 мм.

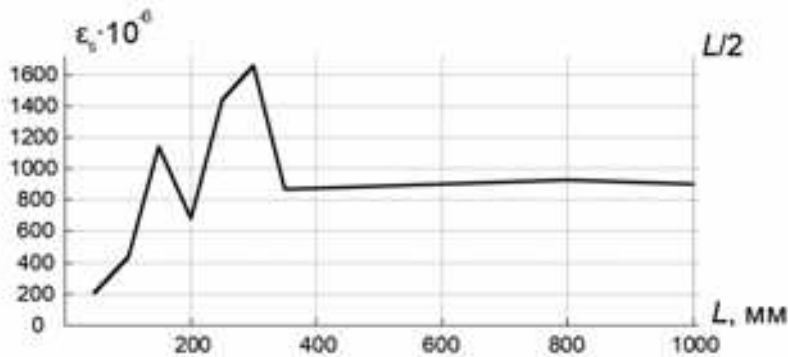


Рис. 6. График распределения деформаций по длине арматурного стержня

Образование наклонных трещин началось от растянутой грани образца при нагрузке $P = 0,71P^{ult}$. Трещина образовалась в левом пролете среза. С увеличением нагрузки развитие трещины по высоте сечения продолжилось. После увеличения нагрузки наклонные трещины образовались и в правом пролете

среза. Развитие трещин происходило по высоте балки к сечению под силой. Ширина раскрытия трещины разрушения составляла 2,5 мм. Разрушение опытного образца произошло при нагрузке $P = 172,7$ кН вследствие среза сжатой зоны над наклонной трещиной. Вид образца после испытания представлен на рис. 7.



Рис. 7. Образец 2,5Б-0,95-22 после испытаний

График распределения деформаций в нормальном сечении опытного образца в середине пролета при нагрузке 172,7 кН представлен на рис. 8, высота сжатой зоны по показаниям тензорезисторов составила 103 мм.

Деформации бетона в сжатой зоне составили $-482 \cdot 10^{-6}$ ЕОД, в арматуре осевые деформации достигли значения $1015 \cdot 10^{-6}$ ЕОД. Величины главных деформаций и угол наклона главных площадок, вычисленные по показаниям тензорезеток в середине высоты сечения пролета среза и у верхней грани балки в сечении под силой, представлены в табл. 1.

До образования наклонных трещин осевые деформации по длине арматуры изменялись пропорционально изменению момента. После образования

наклонных трещин отмечен пик осевых деформаций арматуры, которые составили перед разрушением $1503 \cdot 10^{-6}$ ЕОД в сечении на расстоянии 800 мм от левой опоры (рис. 9). Развитие наклонных трещин по высоте сечения привело к образованию критической наклонной трещины, которая прошла через вершину уже имеющейся трещины по направлению к силе и опоре. Образование критической наклонной трещины привело к мгновенному раскалыванию приопорного блока и исчерпанию несущей способности балки. Максимальные относительные деформации арматуры после образования критической наклонной трещины составили $1590 \cdot 10^{-6}$ ЕОД на расстоянии 300 мм от опоры в точке пересечения с наклонной трещиной.

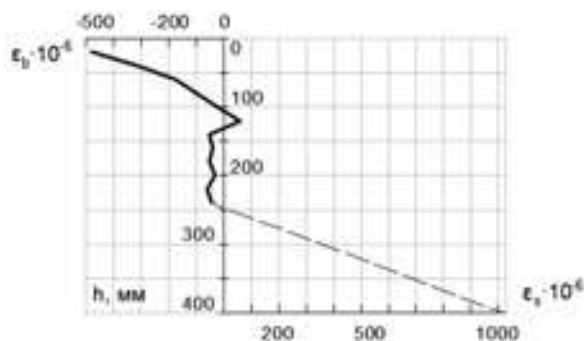


Рис. 8. График распределения деформаций в нормальном сечении опытного образца

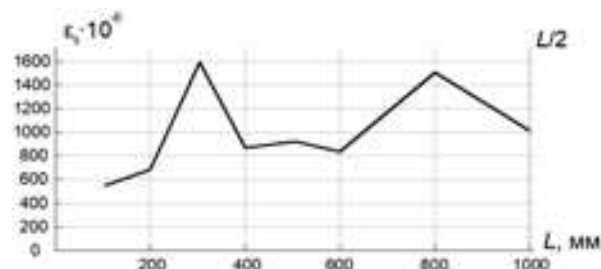


Рис. 9. График распределения деформаций по длине арматурного стержня

Анализ графиков прогибов образцов 2Б-0,95-22 и 2,5Б-0,95-22 (рис. 10) показывает, что до образования нормальных трещин прогибы образца 2Б-0,95-22 были несколько меньше. После образования нормальных трещин прогибы образцов в сечении под силой весьма близко совпадают, в середине пролета

образца 2Б-0,95-22 прогибы на 25 – 30 % выше. При нагрузке $P = 0,9P^{ult}$ прогиб под силой в пролете разрушения резко возрастает, опережая прогибы в остальных сечениях образца. Резкий рост прогиба обусловлен раскрытием критической наклонной трещины.

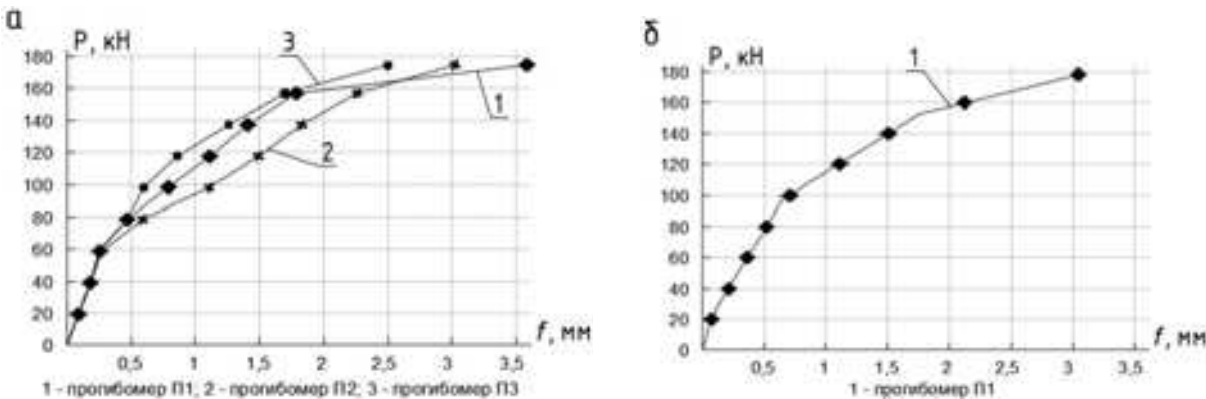


Рис. 10. Графики прогибов образцов 2Б-0,95-22 (а) и 2,5Б-0,95-22(б)

Теоретические значения разрушающей нагрузки определялись в соответствии с методикой СП 63.13330.2012 ($Q_{СП}$) по формуле (8.61), американских норм АСІ 318 – 11 ($Q_{АСІ}$) и европейских норм проек-

тирования Eurocode 2 ($Q_{ЕС}$). Теоретические и опытные значения (Q_{exp}) разрушающих нагрузок приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты сравнения опытных и расчетных значений предельных поперечных сил

Маркировка образцов	Q_{exp} , кН	$Q_{СП}$, кН	$Q_{АСІ}$, кН	$Q_{ЕС}$, кН	$Q_{СП} / Q_{exp}$	$Q_{АСІ} / Q_{exp}$	$Q_{ЕС} / Q_{exp}$
2Б-0,95-22	88,3	124,0	91,7	88,5	1,40	1,04	1,00
2,5Б-0,95-22	86,3	99,2	91,7	88,5	1,15	1,06	1,03

Анализ приведенных в табл. 2 результатов показывает, что наилучшее соответствие расчетных и опытных значений прочности железобетонных балок при действии поперечных сил обеспечивают нормы проектирования Eurocode 2. Наблюдается незначительная переоценка несущей способности балок (~5 %) нормами АСІ 318 – 11 и более значительно (15 – 40 %) несущую способность переоценивает СП 63.13330.2012. В отличие от Eurocode 2 американские и отечественные нормы проектирования не учитывают в методике расчета процент продольного армирования. Превышение расчетных значений над опытными является следствием того, что эмпирические зависимости для оценки прочности бетона над наклонной трещиной получены преимущественно на образцах со средним и высоким процентом армирования. При малых процентах армирования сечения наблюдается тенденция к завышению расчетных значений прочности железобетонных балок при действии поперечных сил, что негативно влияет на конструктивную безопасность проектных решений.

Выводы. Получены новые экспериментальные данные о напряженно-деформированном состоянии железобетонных балок в зоне поперечного изгиба. Показано, что при малых процентах армирования сечения балки наблюдается тенденция к превышению расчетных значений прочности наклонных сечений над опытными значениями разрушающих нагрузок. Отмеченная тенденция негативно влияет на конструктивную безопасность проектных решений и указывает на несовершенство расчетной методики норм проектирования, базирующейся на эмпирической основе. Дальнейшее совершенствование нормативной методики расчета на действие поперечных сил возможно либо путем расширения экспериментальной базы данных для широкого диапазона конструктивных решений, либо путем совершенствования расчетных моделей, учитывающих влияние конструктивных параметров в более широком диапазоне.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гвоздев А.А., Дмитриев С.А., Гуца Ю.П. и др. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1978. 204 с.
2. Кодыш Э.Н., Никитин И.К., Трекин Н.Н. Расчет железобетонных конструкций из тяжелого бетона по прочности, трещиностойкости и деформациям. М.: АСВ, 2010. 348 с.
3. Карпенко Н. И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. 416 с.
4. Collins M.P., Kuchta D.A. How Safe Are Our Large, Lightly Reinforced Concrete Beams, Slabs and Footings ? // *ACI Structural Journal*. 1999. V. 96, № 4. P. 482–490.
5. Reineck, K.-H., Kuchta D.A., Kang S. K., Marx S. Shear Database for Reinforced Concrete Members without Shear Reinforcement // *ACI Structural Journal*. 2003. V. 100, № 2. P. 240–249.
6. Филатов В.Б. Экспериментальное исследование нагельного эффекта продольной арматуры железобетонных балок // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: сборник докладов Международной научной конференции. М.: НИУ МГСУ, 2017. С. 293–297.
7. Тамразян А.Г., Орлова М.А. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния железобетонных изгибаемых элементов с трещинами // Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия: сборник докладов Международной научной конференции. М.: НИУ МГСУ, 2016. С. 507–514.
8. Травуш В.И., Каприелов С.С., Конин Д.В., Крылов А.С., Чилин И.А. Экспериментальные исследования сталежелезобетонных конструкций, работающих на изгиб // *Строительство и реконструкция*. 2017. № 4 (72). С. 63–71.
9. Колчунов В.И., Губанова М.С. Напряженно-деформированное состояние нагруженного и коррозионно-поврежденного железобетона в зоне наклонных трещин // *Научный журнал строительства и архитектуры*. 2016. № 2 (42). С. 11–22.
10. Филатов В.Б. Сравнительная оценка прочности железобетонных элементов при поперечном изгибе по различным методикам // Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия: сборник докладов Международной научной конференции. М.: НИУ МГСУ, 2016. С. 484–488.
11. Филатов В.Б. Влияние сил зацепления в наклонной трещине на напряженное состояние железобетонных балок в зоне поперечного изгиба // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2015. № 4. С. 136–138.
12. Филатов В. Б. Арцыбасов А.С., Багаутдинов М.А., Гордеев Д.И., Кортуннов А.И., Никитин Р.А. Анализ расчетных моделей при расчете прочности наклонных сечений железобетонных балок на действие поперечных сил // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2014. Т. 16, № 4-3. С. 642–645.

Об авторах:

ФИЛАТОВ Валерий Борисович

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительных конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194
E-mail: vb_filatov@mail.ru

ГОРЫНЦЕВ Владислав Олегович

магистрант кафедры строительных конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194
E-mail: goryntsev95@gmail.com

БИНДЕР Валерий Павлович

магистрант кафедры строительных конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194
E-mail: valerabinder@mail.ru

FILATOV Valery B.

PhD in Engineering Science, Associate Professor
of the Building Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194
E-mail: vb_filatov@mail.ru

GORYNTSEV Vladislav O.

Master's Degree Student of the Building Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194
E-mail: goryntsev95@gmail.com

BINDER Valery P.

Master's Degree Student of the Building Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194
E-mail: valerabinder@mail.ru

Для цитирования: Филатов В.Б., Горынцев В.О., Биндер В.П. Результаты экспериментального исследования сопротивления железобетонных балок в зоне поперечного изгиба // *Градостроительство и архитектура*. 2017. Т.7, №4. С. 25-31. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.5.

For citation: Filatov V.B., Goryntsev V.O., Binder V.P. Results of experimental research of reinforced concrete beams resistance in the zone of shear bending // *Urban construction and architecture*. 2017. V.7, 4. Pp. 25-31. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.5.

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 536.248:669.336.422

DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.6

А.Г. МАТВЕЕВ

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ-РЕКУПЕРАТОРОВ ДЛЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ УСТАНОВКИ В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF HIGH EFFICIENT FANS OF RECUPERATORS FOR DECENTRALIZED INSTALLATION IN RESIDENTIAL COMPLEXES

Рассмотрено внедрение децентрализованных вентиляторов-рекуператоров тепла вытяжного воздуха, в том числе с использованием в качестве теплообменника высокотеплопроводящих тепловых труб с промежуточным теплоносителем. Рассматриваемые критерии формируют сравнительную базу для разрабатываемых конструкций рекуператоров тепла вентиляционного воздуха помещений зданий, в том числе и на тепловых трубах. Анализируется энергетическая и экономическая эффективность применения подобных рекуператоров. Выделяются области, где применение рекуператоров тепла оказывается намного более эффективным, чем наращивание мощности тепловых насосов. В результате проводимых исследований в качестве инновационных продуктов будут разработаны модули охлаждения или нагрева на основе алюминиевых, алюминиево-медных радиаторов со встроенными тепловыми трубами.

Ключевые слова: тепловая труба, окна, рекуператор, теплообменник, утилизация тепла, тепловой насос

The article deals with the introduction of decentralized fans of recuperators of exhaust air heat, including using high-heat-conducting heat pipes with an intermediate coolant as a heat exchanger. The considered criteria form a comparative basis for the developed designs of heat recuperators for ventilation air in buildings, including heat pipes. The energy and economic efficiency of such recuperators is analyzed. Areas are singled out where the use of heat recuperators is much more effective than increasing the capacity of heat pumps. As a result of ongoing research, cooling or heating modules based on aluminum, aluminum-copper radiators with integrated heat pipes will be developed as innovative products.

Keywords: heat pipe, windows, recuperator, heat exchanger, heat recovery, heat pump

Жилищный сектор в России занимает второе место по величине конечного потребления энергии после обрабатывающей промышленности. Более 20 % потребляемой в стране энергии и более 15 % выбросов парниковых газов приходится на жилые дома. При этом на долю отопления приходится 58 % совокупного потребления энергии в жилых зданиях. К числу важнейших проблем относится интенсификация работ по снижению необходимого уровня энергопотребления при сохранении современных требований к тепловому комфорту [1]. Добиться повышения уровня энергосбережения и энергоэффективности жилых зданий и обеспечения в них санитарно-гигиенических и комфортных условий можно путем использования рекуперации тепла. В обычных вентиляционных системах теряется вместе с вытяжным воздухом примерно 30-35 % тепла от всех теплопотерь здания. Рекуператоры тепла, в частности вентиляционного воздуха в жилых помещениях зданий, относятся к энергосберегающему оборудованию.

Применение децентрализованного вентилятора-рекуператора целесообразно, если помещение оборудовано современными энергосберегающими окнами и не имеет центральной принудительной вентиляции. Вентиляторы-рекуператоры на высокотеплопроводящих тепловых трубах с промежуточным теплоносителем наиболее пригодны для этой цели. Ниже показан экономический расчет рекуператора тепла вытяжного вентиляционного воздуха с теплообменником на тепловых трубах. Расчет приведен для отопительного сезона, когда температура наружного воздуха t_n значительно ниже, чем температура внутреннего воздуха t_o .

Рассмотрим здание с расходом воздуха на вентиляцию 6800 м³/ч (1,889 м³/с). Примем, что средняя температура наружного воздуха в течение отопительного сезона 278 К, температура уходящего воздуха 297 К, а отопительный сезон длится 5000 ч/год (~208 сут).

Потери тепла с вентилируемым воздухом составят за год, согласно формуле (1), $7,8 \times 10^{11}$ Дж. При коэффициенте полезного действия системы $\eta=0,8$ экономия энергии составит $6,23 \times 10^{11}$ Дж, а в денежном выражении 1800-2000 долларов США в год.

$$Q = c_{p20} \cdot \rho_{20} \cdot L \cdot Z_{on} \cdot (t_n - t_{in}) = 1,005 \cdot 10^3 \cdot 1,205 \cdot 6800 \cdot 5000 \cdot 19 = 7,8 \cdot 10^{11}, \text{ Дж}, \quad (1)$$

где c_{p20} – удельная теплоемкость воздуха при 20 °С, Дж/(кг·К);

ρ_{20} – плотность воздуха при 20 °С, кг/м³;

L – объемный расход воздуха, м³/ч;

Z_{on} – продолжительность отопительного периода, ч.

Рассмотрим основные критерии децентрализованных рекуператоров тепла вентиляционного воздуха для утилизации низкопотенциального тепла.

Во-первых, основной показатель – степень рекуперации, т.е. фактически степень энергосбережения. Этот показатель колеблется в зависимости от производителя и даже от конкретной модели в очень широких пределах – от 40 до более чем 70 %.

Во-вторых, энергетическая эффективность, характеризующая собственное энергопотребление. Она показывает, сколько энергии потребляет рекуператор для улавливания и возврата тепловой энергии от удаляемого воздуха из помещения.

В-третьих, приемлемые ценовые характеристики. В рыночных условиях наряду с технико-энергетическими характеристиками этот показатель также является одним из основных и решающих.

В-четвертых, санитарно-гигиенические показатели. Рекуператор – это устройство, через которое проходит воздух, поступающий в помещения. Поэтому рекуператор не должен загрязнять воздух. Он должен обеспечивать контроль состояния воздуха в помещении и очистку, например, от пыли и других загрязнений.

В-пятых, ресурсные характеристики. Рекуператор должен иметь длительный срок службы и высокую надёжность в штатных условиях эксплуатации, в том числе учитывая необходимые периодические очистки (промывки) для снижения гидравлических и термических сопротивлений, требовать минимального обслуживания и иметь хорошую ремонтно-пригодность или взаимозаменяемость.

В-шестых, оптимальные массогабаритные показатели. Рекуператор должен быть компактным, удобно компоноваться в помещениях, не нарушая их дизайна.

В-седьмых, степень автоматизации, которая обеспечивает, например, периодическое включение-выключение по какому-то заданному показателю (температуре, расходу), оснащённость дополнительными функциями, дизайн корпуса и пр.

В-восьмых, рекуператор тепла, оснащенный вентиляторами, должен быть малошумным. В его конструкции должны предусматриваться специальные мероприятия по уменьшению шума (разбивка полной струи на мелкие при помощи сеток, фильтров и др.).

Эффективность рекуператоров тепла вентиляционного воздуха в жилых помещениях с точки зрения энергосбережения определяется двумя параметрами – степенью энергосбережения рекуператора,

его удельным энергопотреблением и их соотношением. Приведённые критерии формируют сравнительную базу для разрабатываемых конструкций рекуператоров тепла вентиляционного воздуха помещений зданий, в том числе и на тепловых трубах (ТТ).

Рекуператор может быть снабжён двумя малошумными вентиляторами. Конструктивно выполняется в виде параллелепипеда или цилиндра, внутри которого располагается система (пучок) специальным образом профилированных трубочек в основном из нержавеющей стали. При этом пучок трубочек может быть заменен одной плоской оребренной тепловой трубой на горизонтальной полке, в которой размещаются блоки высокоэффективных компьютерных вентиляторов. Они состоят из алюминиевых оребренных радиаторов, напрессованных на центральные медные трубки. Ребра выполнены на четыре стороны. По верху оребренных радиаторов установлены легкие пластмассовые вентиляторы-крыльчатки (блоки типа intel). По низу блок радиатора снабжен плоской притертой поверхностью, при помощи которой он «садится» на горизонтальную (или вертикальную) полку ТТ. Ближе к центру ТТ медная полка «приподнимается», образуя зазор $\sigma \approx 1$ мм для формирования вытекающей (стелющейся) плоской струи вдоль полки ТТ.

Для тепловых труб и тепловых насосов (ТН), которые используются в жилищно-коммунальном хозяйстве, в качестве низкокипящих теплоносителей используются фреоны, аммиак и др. Возможны два варианта компоновки рекуператора.

По первому варианту воздух из помещения прокачивается через рекуператор одним вентилятором, а холодный воздух с улицы – другим. При этом один поток воздуха через стенки трубочек пакета отдаёт тепло другому (зимой воздух с улицы нагревается, а летом, когда работают кондиционеры, охлаждается) (рис. 1).

По второму варианту воздушный канал разделяется широкой полкой на два канала. На одной стороне полки размещается группа компьютерных вентиляторов, которые засасывают поток воздуха с улицы, например, холодного, или теплого воздуха при помощи группы других компьютерных вентиляторов. И те, и другие вентиляторы размещаются внутри корпуса рекуператора. Это уменьшает уровень шума установки, так как общие воздушные потоки воздуха через каждый компьютерный вентилятор будут обратно пропорциональны числу используемых применяемых блоков. Чем больше их число, тем меньше объёмный расход и скорость воздуха через каждый из них. Лопатки вентилятора «гонят» воздух через зазоры между рёбрами в каждой из сторон алюминиевого радиатора. Таким образом, полный поток разделяется на ряд мелких. Затем

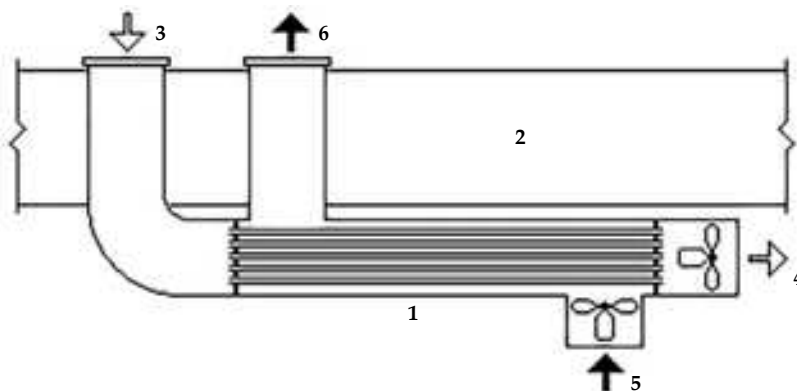


Рис.1. Принципиальная схема работы рекуператора: 1 – трубчатый рекуператор; 2 – ограждение;
3 и 4 – температуры соответственно входа t_{H1} и выхода t_{H2} наружного поступающего в помещение воздуха;
5 и 6 – температуры соответственно входа t_{B1} и выхода t_{B2} внутреннего, удаляемого из помещения воздуха

отдельные потоки, перпендикулярные к полке ТТ, разворачиваются в стелющуюся плоскую струю, которая нагревает (охлаждает) полку ТТ. Таким образом, формируется зона испарения (конденсации) ТТ, температура стенок в которых почти постоянна. Такая схема течения воздуха также делает струю малозвучной. Аналогичная схема течения воздуха реализуется в других блоках. Она усиливает теплоотдачу и поверхность теплообмена.

Децентрализованный рекуператор тепла вентиляционного воздуха снабжён теплообменным элементом (в последнем типе – тепловыми трубами), вентиляторами для прокачивания через теплообменник потоков вытяжного, удаляемого из жилого помещения, и свежего, подаваемого в помещение воздуха. Приведём диапазоны осреднённых экспериментальных и расчётных теплофизических характеристик прямолинейных тепловых труб из профиля АС-КРА7.5-Р1-120 (с одной полкой) длиной 1945 мм при подводимой мощности 20 Вт через каждые 10 сут в течение 2000 ч (лаборатория «Теплоэнерготехника» Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева) при конструкторско-доводочных испытаниях (КДИ) (2000 ч):

- тепловая проводимость – (47,632–66,92) Вт/К;
- термическое сопротивление – (0,015–0,023) К/Вт;
- коэффициент теплопередачи, отнесённый к площади поперечного сечения ТТ, – (309721,47–434940,86) Вт/(м²К);
- удельное термическое сопротивление – $(2,8387 \times 10^{-6} - 3,385 \times 10^{-6})$ (м²К)/Вт;
- средний перепад температуры – (0,3–0,46) К.

Максимальная теплопроводящая способность тепловых труб из алюминиевого профиля АС-КРА7.5-Р2 – в диапазоне рабочих температур от 80 до 210 Вт·м. Это подтверждает возможность использования указанных тепловых труб в конструкции децентрализованных рекуператоров вентиляционного воздуха в жилых помещениях зданий.

Как показывает анализ энергетических затрат, в зимний период целесообразнее использовать рекуператор тепла при обеспечении вентиляции помещения, если оно обогревается электроотопителями, чем нагревать поступающий наружный воздух за счёт тепла, выделяемого такими отопителями.

Рекуператоров тепла вентиляционного воздуха существует множество – и по назначению (например, центральные и децентрализованные), и по принципу действия (например, рекуперативного и регенеративного типа), и по конструктивному исполнению. Проведён сопоставительный анализ конкретного типа рекуператоров – ТеФо («теплая форточка»), выпускаемых предприятием «Теплообмен», г. Севастополь [2–8], с общепризнанно высокоэффективным энергосберегающим оборудованием – тепловыми насосами.

Расход приточного воздуха для ТеФо1, ТеФо2, ТеФо3, ТеФо4 составляет соответственно 35, 39, 91, 130 м³/ч, с использованием в них компьютерных вентиляторов для ТеФо1, ТеФо2, ТеФо3 – 37, 41, 105 м³/ч. Таким образом, расходы приточного воздуха, обеспечиваемые бытовыми вентиляторами, примерно равны расходам вентилятора-рекуператора с высокооборотными пластмассовыми малогабаритными и малозвучными вентиляторами.

Данные, приведённые в табл. 1, позволят осуществить количественную оценку энергосберегающего эффекта от применения рекуператоров ТеФо. Оказывается, что практически во всём диапазоне температур наружного воздуха, при котором, как правило, требуется отопление (т.е. до 8 °С), все типоразмеры ТеФо по энергетической эффективности превосходят, причём значительно, ТН с воздушным теплообменником и лишь в очень небольшом диапазоне температур наружного воздуха (следует подчеркнуть – положительных температур), меньшие типоразмеры ТеФо уступают ТН (как с воздушным, так и с грунтовым теплообменником), в то время как

Таблица 1

Сравнительный анализ рекуператоров тепла ТеФо

Тип рекуператора	Возвращённая тепловая мощность, Вт	Мощность одного вентилятора, Вт	Полная тепловая мощность, Вт	Изменение температуры наружного воздуха, °С	Степень рекуперации, %
Зимний режим $t_{нл} = -20\text{ °С}$					
ТеФо 1	274	14	288	30,5	76,3
ТеФо 2	335	14	349	30,1	75,0
ТеФо 3	823	16	839	28,9	72,2
ТеФо 4	1134	24	1158	29,0	72,5
Зимний режим $t_{нл} = -6\text{ °С}$					
ТеФо 1	182	14	196	20,7	79,7
ТеФо 2	222	14	236	20,3	78,1
ТеФо 3	539	16	555	19,1	73,5
ТеФо 4	743	24	767	19,2	73,9
Летний режим $t_{нл} = 40\text{ °С}$					
ТеФо 1	116	14	102	10,8	56,7
ТеФо 2	144	14	130	11,2	59,0
ТеФо 3	376	16	360	12,4	65,0
ТеФо 4	514	24	490	12,3	64,7
Летний режим $t_{нл} = 24\text{ °С}$					
ТеФо 1	10	14	-4	-0,4	-14,0
ТеФо 2	14	14	0	0,0	0,0
ТеФо 3	51	16	35	1,2	40,0
ТеФо 4	67	24	43	1,1	37,0

большие типоразмеры остаются более эффективными во всём диапазоне (соответствующая линия для ТеФо3 и ТеФо4 всегда находится выше линии ТН). То есть на протяжении отопительного сезона эффективность ТеФо выше, чем эффективность ТН, иначе говоря, целесообразнее затратить 1 кВт энергии на работу ТеФо, чем на работу ТН.

Требования к ресурсу ТТ (20 лет) при использовании различных конструкционных материалов (АД31, АМГ-2, АМГ-6), а также в качестве рабочего теплоносителя аммиака особой чистоты с концентрацией воды на уровне 10-4 %, обладающего высоким давлением насыщенного пара, привели к необходимости создания методик ускоренных ресурсных испытаний, к уяснению и внедрению в лаборатории «Теплоэнерготехника» Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева правил работы с особо чистыми рабочими веществами, внедрению высокой культуры производства при испытаниях ТТ. Разработанное и созданное универсальное стендовое оборудование отличается модульной конструкцией. Это позволяет в достаточно короткие сроки модернизировать установки для конструкторско-доводных испытаний ТТ различных типоразмеров (от 0,5 до 2,5 м) и конфигураций (прямолинейных и криволинейных).

Аммиачные ТТ отличаются бесшумностью при эксплуатации. Диапазон эффективной работы аммиачной ТТ от -60 до $+70\div+80\text{ °С}$. Диапазон допустимых рабочих температур от -70 до $+120\text{ °С}$. Он значительно перекрывает диапазон рабочих температур ТеФо и ТН.

Основные требования при проведении конструкторско-доводочных (КДИ) и приёмосдаточных (ПСИ) ТТ сводятся к стабилизации температуры стенок корпуса, рабочего теплоносителя, температур в зонах испарения, транспорта и конденсации, температур горячего источника и холодного стока.

АО «Прогресс» (Самара) совместно с Центром Келдыша (Москва) и Самарским национальным исследовательским университетом имени академика С.П. Королева приступил к изготовлению и полномасштабным испытаниям высокоэффективных тепловых труб нового поколения с оптимизированной капиллярной Ω -образной структурой [9]. В качестве рабочего теплоносителя в них применяется аммиак сверхвысокой чистоты (99,999 %). Как показывают результаты КДИ тепловых труб из профилей АСКРА7.5-Р1-120 или 30 различных типоразмеров и конфигураций, проведённые в лаборатории «Теплоэнерготехника» Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, технология подготовки поверхностей, заправки и герметизации ТТ позволяет достигнуть высокого ресурса работы ТТ и оптимальных теплофизических показателей: материал корпуса – АД-31, максимальная мощность – свыше 500 Вт, минимальная – до 10 Вт, перепад температур по длине – не более 7 К, негерметичность – не более 10^{-6} нормальных $\text{см}^3/\text{с}$, длина заблокированной зоны неконденсирующими газами (H_2 и N_2) – не более 30 мм, ресурс – не менее 15-20 лет.

Для надёжности при эксплуатации ТТ проходят полный цикл испытаний, в том числе ускорен-

ные ресурсные, в составе различных изделий в отраслях народного хозяйства.

Результаты испытаний ТТ показали следующее: высокая интенсивность теплообмена характеризуется в ТТ АС-КРА-7.5-Р2 максимальной плотностью теплового потока $Q_{\text{max}} = (83,84 - 95,351) \times 10^4$ Вт/м² при перегревах аммиака на 2–2,5 °С.

Профиль ТТ (Р2) снабжён двумя полками и используется в сотовых панелях. Для границы испарительного режима, где, по-видимому, реализуются условия микрокапиллярного кипения (зарождающие пузырьки пара захлопываются), при максимальной плотности теплового потока наблюдается развитое пузырьковое кипение. Высокая интенсивность теплообмена в ТТ свидетельствует о том, что в канавках создаются весьма благоприятные условия для зарождения и дальнейшего роста паровых пузырей [10].

Как показывают эксперименты, проведённые с партией промышленных (70 шт.) на аммиачных ТТ АС-КРА-7.5-Р1-120, устойчивое развитие кипения на поверхностях Ω -образных канавок устанавливается при весьма незначительных температурах (перегревах жидкости). Здесь 120 – ширина полки ТТ, а 7,5 – внутренний диаметр парового канала.

Так, при передаваемой тепловой мощности $Q=30$ Вт ТТ длиной $L=1,950$ м плотность теплового потока составила

$$q = Q / F = 30 / 1,5385 \cdot 10^{-4} = 19,5 \cdot 10^4, \text{ Вт/м}^2, \quad (2)$$

а температурный перепад по длине $\Delta t = t_n - t_k = 0,4 - 0,7$ °С.

В то же время температурный перегрев аммиака $\Delta t = t_w - t_i$ при такой плотности теплового потока составляет примерно 0,3 °С.

Тепловая проводимость ТТ равна

$$\alpha = Q / \Delta t = 30 / (0,4 - 0,7) = 75 - 42,86, \text{ Вт/м}. \quad (3)$$

Среднее значение тепловой проводимости составляет 58,93 Вт/К. Конечно, внешнее сопротивление ТТ превалирует над внутренним и подлежит экспериментальному уточнению. Но ясно, что при максимальном перепаде $t_w - t_n = 20 - (-20) = 40$ °С тепловой поток, передаваемый одной ТТ, будет значительным.

Он увеличивается в сторону больших перегревов (примерно в два раза до 0,6 °С), если поверхность трубы гладкая, т.е. шероховатость R_z небольшая, и для достижения плотности теплового потока $q \approx 20 \times 10^4$ требуются большие перегревы.

Эти результаты подтверждают, что ТТ с Ω -образной канавчатой структурой фитиля имеют низкое термическое сопротивление и обладают высокой тепловой проводимостью.

Наиболее подходящими теплоносителями для ТТ АС-КРА-7.5-Р1, используемых в установках для утилизации низкопотенциального тепла вентиляционного воздуха в жилых и других помещениях, подходит фреон R12, фреон R22 и аммиак NH₃ (аммиак NH₃: $M=17$, $T_{\text{пл}}=195,5$ К, $T_{\text{кин}}=240$ К, фреон

R22, (дифторхлорметан CHF₂Cl): $M=86,5$, $T_{\text{пл}}=127$ К, $T_{\text{кин}}=232,2$ К, $C_p=1109$ Дж/(кг·К)).

Видно, что указанные теплоносители кипят при низких температурах и обладают значительной упругостью насыщенных паров при температурах ближе к комнатным. Но скрытая теплота парообразования у фреонов R11, R22 на порядок ниже, чем у аммиака. Следовательно, аммиачные ТТ обладают большей теплопередающей проводимостью, чем фреоновые.

Наиболее эффективным и надёжным способом интенсификации теплообмена в ТТ при кипении теплоносителя (аммиака) является применение Ω -образной канавчатой структуры фитиля [10]. При этом образуется гидродинамический слой с разветвлённой системой сообщающихся между собой капиллярных каналов (в зоне конденсации канавки переполнены и образуют слой над ребрами). Через канавки фитиля происходит эвакуация пара в паровой канал и подпитка жидкостью под действием сил поверхностного натяжения. Кипение осуществляется как внутри объёма плёнки, так и на её поверхности.

Интенсивность теплообмена на теплоотдающей поверхности канавок меньше (по сравнению с гладкими поверхностями) и зависит от таких режимных параметров, как давление и плотность теплового потока, шероховатость.

По опытным данным ряда исследователей, в рассматриваемом случае $\alpha \approx q^{0,1-0,2}$. Таким образом, применение ТТ на фреонах и аммиаке для ТТ для установок типа ТеФо является наиболее предпочтительным выбором с точки зрения теплотехнических характеристик, особенно по критерию качества М:

$$M = \frac{\rho_e \sigma_e I}{\mu_e}, \quad (4)$$

где ρ_e – плотность, кг/м³;

σ_e – поверхностное натяжение;

I – энтальпия или скрытая теплота парообразования;

μ_e – вязкость рабочей жидкости.

По критерию качества М и I рабочего диапазона температур для ТеФо предпочтительно выделяется аммиак.

Степень рекуперации испытанных в климатической камере рекуператоров, т.е. в конечном счёте энергосбережение, составляет более 71 %. Проведённые испытания позволили уточнить математическую модель и на базе этого создать типоразмерный ряд, включающий 4 базовые модели – одна рассчитана на воздухообмен в количестве 27 м³/ч, другая – в количестве 33 м³/ч, третья – в количестве 70 м³/ч, четвертая – 125 м³/ч. Уточнённая математическая модель позволяет, варьируя длиной рекуператора, получать степень рекуперации в заданных пределах. Возможно также увеличение расходов воздуха, т.е. воздухообмена за счёт применения иных вентиляторов, например, высокооборотных компьютерных. Они обладают малой массой и габаритами и значительным ресурсом. Переход на ТТ также способствует

резкому снижению шума (внутри ТТ не имеется механических насосов).

Стоимость, массогабаритные характеристики базовых моделей (рис. 2) приведены ниже.

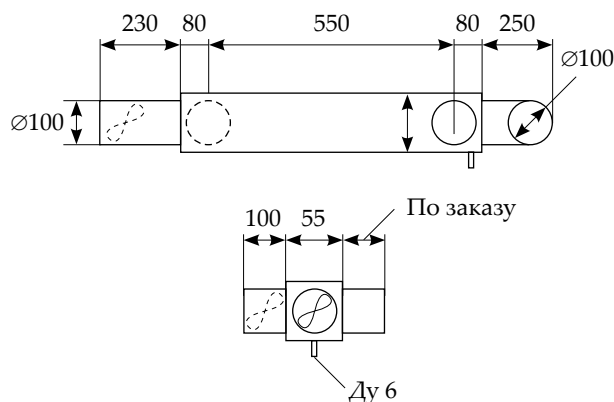


Рис. 2. Габаритные характеристики рекуператора

Типоразмер 1

$L_{\text{ном}} = 27 \text{ м}^3/\text{ч}$; $m = 4,0 \text{ кг}$; цена (без НДС) – экв. 190\$–230\$

Типоразмеры 2, 3 и 4 (соответственно)

$L_{\text{ном}} = 33 \text{ м}^3/\text{ч}$; $m = 5,5 \text{ кг}$; цена (без НДС) – экв. 240\$–290\$

$L_{\text{ном}} = 70 \text{ м}^3/\text{ч}$; $m = 8,0 \text{ кг}$; цена (без НДС) – экв. 340\$–390\$

$L_{\text{ном}} = 125 \text{ м}^3/\text{ч}$; $m = 12,0 \text{ кг}$; цена (без НДС) – экв. 470\$–520\$

В качестве рекуперативного теплообменника по типоразмерам 1, 2, 3, 4 традиционно используются пучки гладких труб.

Изменение температуры между тёплым и холодным воздухом может достигать в ТеФо до 30–40 °С. Поэтому передаваемая мощность в ТеФо различных типоразмеров может, особенно в зимнее время, значительно возрастать (200–1100 Вт), так же как и степень рекуперации тепла тёплого воздуха в помещении тоже сильно возрастает.

Выводы. На основе результатов проводимых исследований в качестве инновационных продуктов будут разработаны для рекуператоров ТеФо или

аналогичных им рекуператоров модули охлаждения или нагрева на основе алюминиевых, алюминий-медных радиаторов со встроенными тепловыми трубами и монтируемыми на тепловых трубах, в том числе и тепловых трубах нового поколения, обладающих низким и стабильным значениями термических и гидравлических сопротивлений и значительным ресурсом работы (свыше 15–20 лет).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ватузов Д.Н., Пуринг С.М., Филатова Е.Б., Тюрин Н.П. К вопросу о выборе источника теплоснабжения зданий жилой застройки // Научное обозрение. 2015. № 7. С. 109–113.
2. Барон В.Г. Комнатный воздухообменник для современного комфортабельного жилья // Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Одесса, 2003. №2(17). С. 37–39.
3. Барон В.Г. Комнатный воздухообменник // Теплоэнергоэффективные технологии. СПб., 2004. № 2. С. 44–45.
4. Барон В.Г. Рекуперация тепла в современных системах вентиляции // Новости теплоснабжения. М., 2006. № 6(70). С. 46–51.
5. Барон В.Г. Децентрализованные рекуператоры тепла // Аква-Терм. Киев, 2006. №4. С. 24–26.
6. Барон В.Г. Рекуператор тепла вентиляционного воздуха – эффективное энергосбережение или неоправданное расточительство // Энергосбережение. Донецк, 2006. № 6. С. 18–25.
7. Барон В.Г. Рекуператор тепла вентиляционного воздуха – эффективное энергосбережение или неоправданное расточительство // С.О.К. 2006. № 12. С. 88–93.
8. Гершкович В.Ф., Барон В.Г. Новое устройство для современной квартиры – комнатный воздухообменник // Энергосбережение в зданиях. Киев, 2004. № 1. С. 8–14.
9. Лукс А.Л., Крестин Е.А., Матвеев А.Г., Веснин В.И. Экспериментальное исследование режимов работы высокоэффективных тепловых труб с Ω -образной капиллярной канавчатой структурой фитиля // Градостроительство и архитектура. 2016. №3(24). С. 17–24.
10. Голубинский В.И. Теплообмен при кипении. Киев, 1980. 315 с.

Об авторе:

МАТВЕЕВ Андрей Григорьевич

аспирант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194

MATVEEV Andrey G.

Post-Graduate Student of the Heat and Gaz Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194

Для цитирования: Матвеев А.Г. Разработка и исследование высокоэффективных вентиляторов-рекуператоров для децентрализованной установки в жилых помещениях // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 32–37. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.6.

For citation: Matveev A.A. Development and research of high efficient fans of recuperators for decentralized installation in residential complexes // Urban construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 32–37. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.6.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 628.1.033:535:537

DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.7

В.И. КИЧИГИН
В.В. ЗИНОВЬЕВА
В.О. ЗОЛОТЕНКОВ
Л.А. ЗОТКИНА

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ Г. САМАРЫ ОТ ВЕЛИЧИНЫ ЕЕ ДЗЕТА-ПОТЕНЦИАЛА

THE DEPENDENCE OF THE PHYSICO-CHEMICAL COMPOSITION OF DRINKING WATER SAMARA FROM THE MAGNITUDE OF ITS ZETA-POTENTIAL

Представлены результаты исследований физико-химического состава питьевой воды и величины ее дзета-потенциала с установлением степени зависимости этих показателей. Пробы отбирались в зимний и летний период. Показано, что варьирование значений по таким показателям, как щелочность, жесткость, содержание Ca^{2+} и Mg^{2+} незначительно по отдельно взятым районам отбора проб. Установлено, что значения показателей качества питьевой воды из подземных водозаборов отличались большей стабильностью, чем из поверхностного источника. В артезианской воде значения дзета-потенциала (ζ -потенциала) были в 3–7 раз ниже, чем в волжской. Щелочность летней воды была несколько выше зимней. Были установлены зависимости между значением дзета-потенциала и щелочностью воды, а также мутностью и жесткостью. В большинстве случаев величина достоверности аппроксимации была больше 0,9.

Ключевые слова: электрокинетический потенциал, физико-химический состав водопроводной воды, подземные и поверхностные источники

The results of studies of physicochemical composition of drinking water and the magnitude of its Zeta potential establishing the degree of dependency of these indicators. Samples were taken in winter and summer. It is shown that variation of values for such parameters as alkalinity, hardness, contents of Ca^{2+} and Mg^{2+} slightly on the individual areas of sampling. It is established that values of indicators of quality of drinking water from underground water intakes was more stable than from a surface source. In artesian water values the Zeta potential (ζ -potential) was 3-7 times lower than in the Volga. The alkalinity of the water year was slightly above winter. There were relations between the value of the Zeta potential and alkalinity of the water as well as turbidity and hardness. In most cases, the magnitude of the accuracy of the approximation was greater than 0.9.

Keywords: electrokinetic potential, physico-chemical composition of tap water, groundwater and surface sources

В настоящее время система технологического контроля водопроводных городских сетей предусматривает периодический отбор проб с последующим проведением химического анализа на такие показатели, как: цветность, мутность, щелочность, перманганатная окисляемость, pH и др. Для регулирования работы сооружений по водоподготовке отправной точкой является источник водоснабжения города и показатели качества исходной («сырой») воды. Конечным пунктом контроля являются тупиковые точки сети, в которых отбор проб выполняется два-три раза в неделю обслуживающим персоналом. Автоматизированная система отбора проб и местный анализ качества воды считается финансово нецелесообразным. Всё это требует создания нового метода

экспресс-анализа воды с возможностью определить на месте – имеется ли явное отклонение качества питьевой воды от допустимых норм.

Значение дзета-потенциала является важнейшим показателем при исследовании меры устойчивости загрязнений коллоидной степени дисперсности к процессу их укрупнения [1, с. 194–196]. Значения от 0 до 30 мВ показывают, что коллоидная система имеет плохую устойчивость (вода может подвергаться коагуляции и флокуляции), а значения больше 30 мВ показывают, что коллоидная система устойчива.

Настоящая работа является продолжением ранее проведенных исследований [2] и посвящена дальнейшему изучению возможной зависимости

показателей качества питьевой воды от величины ее дзета-потенциала (ζ -потенциала).

Определение значения величины дзета-потенциала выполнялось с помощью созданного на кафедре водоснабжения и водоотведения Самарского государственного архитектурно-строительного университета устройства [3], использующего амперометрический метод определения электрофоретической подвижности коллоидных частиц. Точки отбора проб воды находились в жилых домах, расположенных в Ленинском, Октябрьском и Куйбышевском районах города Самары. Отобранные пробы в период с декабря 2015 по август 2017 гг. проходили физико-химический анализ на такие показатели, как мутность (М), щелочность (Щ), содержание ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , жесткость (общ.), рН. Система водоснабжения города имеет два основных источника. Так, исходной водой для жилых массивов Ленинского и Октябрьского районов города служит вода из р. Волги, а для Куйбышевского (микрорайоны «Сухая Самарка» и «116 километр») – вода артезианских скважин.

Значения дзета-потенциала и среднеквадратичное отклонение всех полученных опытных данных были рассчитаны при уровне значимости $q = 0,05$ по методикам, изложенным в работе [4]. Химические анализы воды осуществлялись в паспортизированной лаборатории кафедры водоснабжения и водо-

отведения Академии строительства и архитектуры Самарского государственного технического университета. С целью лаконичности настоящей публикации полученные результаты представлены в табл. 1, 2 и на рис. 1–4 только по ряду показателей.

Анализ данных, приведенных в табл. 1, показал, что в летний период значения дзета-потенциала в отобранных пробах менялись от 114,9 до 170,0 мВ, а в зимний – от 115,2 до 176,1 мВ. Величина щелочности была в пределах $2,0 \div 4,0$ ммоль/дм³ летом и $2,2 \div 4,3$ – зимой. Общая жесткость воды изменялась от 2,0 до 4,0 мг-экв/дм³ в летний период и от 4,3 до 5,8 – в зимний, т.е. зимние значения в 1,6 раза превышали летние. Жесткость воды по Ca^{2+} была примерно в 2,8 раза больше, чем по Mg^{2+} летом, и в 1,6 раза – зимой. Щелочность водопроводной воды в зимний период была в 1,13 раза больше, чем летом, а показатель мутности – в 1,36 раза.

Следует отметить, что все показатели качества питьевой воды в Ленинском и Октябрьском районах Самары отличались стабильностью и соответствовали действующим нормам СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения».

Таблица 1

Значения показателей в пробах воды,
отобранных в жилом массиве Ленинского района

Дата отбора проб	ζ - потенциал, мВ	t, °С	М, мг/дм³	Щ, ммоль/дм³	Жесткость, мг-экв/дм³, по		
					Ca²⁺	Mg²⁺	общая
Летний период							
Ул. Молодогвардейская, 207							
18.07.16	132,52	25	0,001	2,5	1,5	0,6	2,1
26.07.16	161,27	24	0,001	2,8	2,5	1,1	3,6
28.07.16	153,51	25	0,080	2,4	3,0	1,0	4,0
07.08.17	161,11	25	0,001	2,0	2,5	0,7	3,2
10.08.17	153,20	25	0,001	2,1	2,7	0,7	3,4
	152,32±8,2	24,8±0,31	0,02±0,02	2,36±0,22	2,44±0,39	0,82±0,15	3,26±0,5
Ул. Молодогвардейская, 194							
18.07.16	114,91	23	0,150	3,9	1,1	0,9	2,0
26.07.16	123,35	24	0,001	3,8	1,6	0,5	2,1
07.08.17	157,21	24	0,380	2,4	2,7	1,1	3,8
10.08.17	158,54	25	0,001	2,2	2,2	1,3	3,5
23.08.17	170,00	25	0,380	2,4	2,7	1,1	3,8
	144,8±16,8	24,2±0,58	0,18±0,13	2,94±0,58	2,06±0,49	0,98±0,21	3,04±0,63
Ул. Галактионовская, 191							
18.07.16	143,34	24	0,001	2,5	1,7	0,5	2,2
28.07.16	123,35	24	0,001	2,0	3,8	1,2	5,0
07.08.17	137,23	25	2,100	4,0	2,4	0,8	3,2
10.08.17	125,53	25	2,200	3,4	2,0	0,7	2,7
23.08.17	150,96	25	2,200	3,6	1,8	0,9	2,7
	136,08±8,14	24,6±0,38	1,3±0,82	3,1±0,53	2,34±0,9	0,82±0,18	3,16±0,76

Окончание табл. 1

Дата отбора проб	ζ - потенциал, мВ	t, °С	М, мг/дм³	Щ, ммоль/дм³	Жесткость, мг-экв/дм³, по		
					Ca²⁺	Mg²⁺	общая
Зимний период							
Ул. Молодогвардейская, 207							
21.12.15	148,37	20	0,38	3,1	3,6	0,9	4,5
25.12.15	154,45	20	0,68	2,2	4,0	1,0	5,0
27.01.16	115,21	20	0,78	2,2	4,0	1,1	5,1
01.02.16	134,69	24	0,78	2,2	4,3	0,9	5,2
	138,18±18,4	21±2,12	0,66±0,2	2,43±0,48	3,97±0,3	0,98±0,1	4,95±0,33
Ул. Полевая, д. 15							
21.12.15	116,74	20	0,83	3,3	3,5	1,0	4,5
25.12.15	132,53	20	0,73	4,3	3,6	0,9	4,5
27.01.16	129,01	20	0,74	4,3	3,8	0,8	4,6
01.02.16	132,95	20	0,74	4,3	3,8	0,8	4,6
	127,81±8,04	20±0	0,76±0,05	4,05±0,53	3,68±0,16	0,88±0,1	4,55±0,06
Ул. Ново-Садовая, 25 (Октябрьский район)							
21.12.15	176,09	20	0,53	2,4	3,4	0,9	4,3
25.12.15	149,81	20	0,83	3,2	3,5	2,3	5,8
27.01.16	166,11	20	0,56	3,2	3,4	2,4	5,8
01.02.16	122,99	20	0,55	3,3	3,5	2,3	5,8
	153,75±24,6	20±0	0,62±0,15	3,03±0,44	3,45±0,06	1,98±0,76	5,43±0,8

Таблица 2

Значения показателей в пробах воды, отобранных в жилом массиве Куйбышевского района

Дата отбора проб	ζ - потенциал, мВ	t, °С	М, мг/дм³	Щ, ммоль/дм³	Жесткость, мг-экв/дм³, по		
					Ca²⁺	Mg²⁺	общая
Летний период							
Ул. Белорусская, 18							
01.07.16	43,96	25	0,38	6,2	10,9	3,7	14,6
08.07.16	40,52	25	0,35	6,1	10,7	4,1	14,8
	42,24±30,9	25±0	0,37±0,27	6,15±0,90	10,8±1,8	3,9±3,59	14,7±1,8
Зимний период							
Ул. Пугачевский тракт, 5							
21.12.15	41,34	20	0,40	6,0	11,3	4,1	15,4
25.12.15	41,62	20	0,40	5,9	11,2	4,2	15,4
27.01.16	41,04	20	0,43	5,8	11,5	3,8	15,3
01.02.16	41,91	20	0,48	6,2	11,5	4,1	15,6
	41,48±0,4	20±0	0,43±0,04	5,98±0,18	11,4±0,16	4,05±0,18	15,4±0,13
Торговый пер., 26«а»							
21.12.15	16,06	20	0,20	6,00	11,6	3,5	15,10
25.12.15	16,10	20	0,23	5,90	11,5	3,6	15,10
27.01.16	16,08	20	0,30	5,80	11,6	3,5	15,10
01.02.16	15,98	20	0,35	5,90	11,7	3,6	15,30
	16,06±0,06	20±0	0,27±0,07	5,9±0,09	11,6±0,09	3,55±0,06	15,15±0,1
Ул. Новомолодежная, 37							
21.12.15	45,35	20	0,30	6,00	11,7	3,7	15,40
25.12.15	45,36	20	0,37	6,00	10,8	4,0	14,80
27.01.16	45,16	20	0,38	6,10	10,7	4,0	14,70
01.02.16	45,33	20	0,38	6,20	10,9	3,7	14,60
	45,3±0,1	20±0	0,36±0,04	6,08±0,1	11,03±0,5	3,85±0,18	14,88±0,4
Ул. Белорусская, 96							
21.12.15	44,56	20	0,40	6,00	11,3	4,1	15,40
25.12.15	49,70	20	0,40	5,90	11,2	4,2	15,40
27.01.16	35,22	20	0,43	5,80	11,5	3,8	15,30
01.02.16	48,64	24	0,48	6,20	11,5	4,1	15,36
	44,53±6,99	21±2,12	0,43±0,04	5,98±0,18	11,38±0,2	4,05±0,18	15,37±0,1
Ул. Белорусская, 92							
21.12.15	44,56	20	0,20	6,00	11,6	3,5	15,10
25.12.15	49,70	20	0,23	5,90	11,5	3,6	15,10
27.01.16	35,22	20	0,30	5,80	11,6	3,5	15,10
01.02.16	48,64	20	0,35	5,91	11,7	3,5	15,30
	44,53±6,99	20±0	0,27±0,07	5,9±0,09	11,6±0,09	3,53±0,05	15,15±0,1

Анализ данных, приведенных в табл. 2, позволил установить, что значения показателей качества питьевой воды из подземных водозаборов отличались большей стабильностью, чем из поверхностного источника. В артезианской воде значения ζ -потенциала были в 3–7 раз ниже, чем в волжской, и изменялись от $42,2 \pm 30,9$ мВ в летний период до $16,1 \div 49,7$ – зимой. Щелочность летней воды была несколько выше зимней.

Вода соответствовала нормам по всем исследуемым показателям, кроме жесткости. Общая жесткость этой воды на $63,9 \div 69,6$ % была представлена солями Ca^{2+} и находилась в пределах от 14,6 до 15,6 мг-экв/дм³. На рис. 1–4 показаны зависимости изменения величины ζ -потенциала от жесткости воды и ее щелочности, которые в большинстве случаев показали высокую степень аппроксимации (значение $R^2 \rightarrow 1,0$).

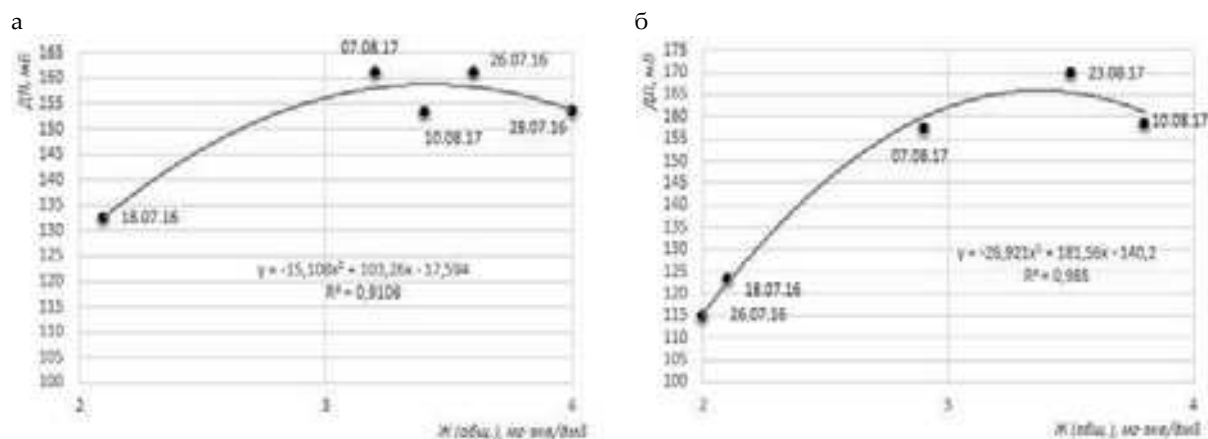


Рис. 1. Зависимость значений ζ -потенциала (ДП) от общей жесткости в пробах воды, отобранных по адресам (Ленинский район, летний период):
а – ул. Молодогвардейская, 207; б – ул. Молодогвардейская, 194

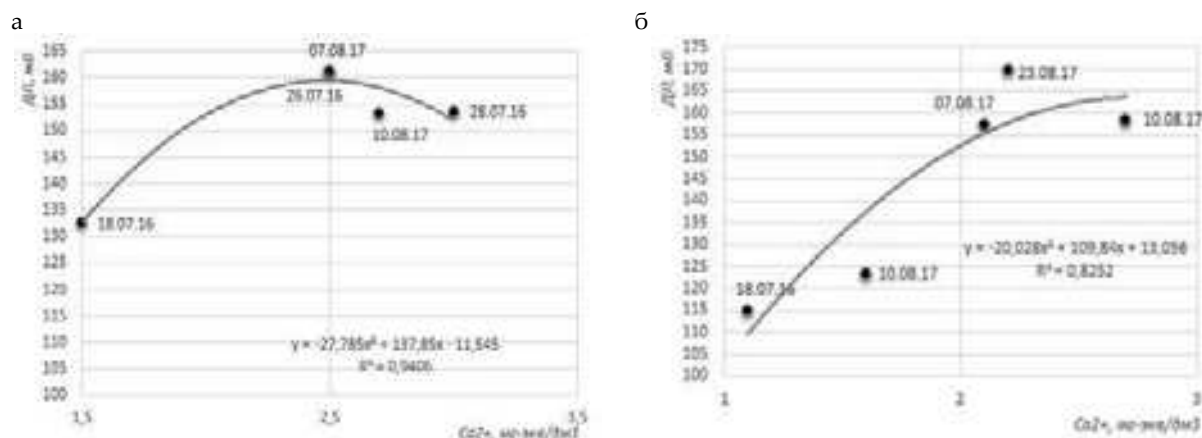


Рис. 2. Зависимость значений ζ -потенциала (ДП) от содержания ионов Ca^{2+} в пробах воды, отобранных по адресам (Ленинский район, летний период):
а – ул. Молодогвардейская, 207; б – ул. Молодогвардейская, 194

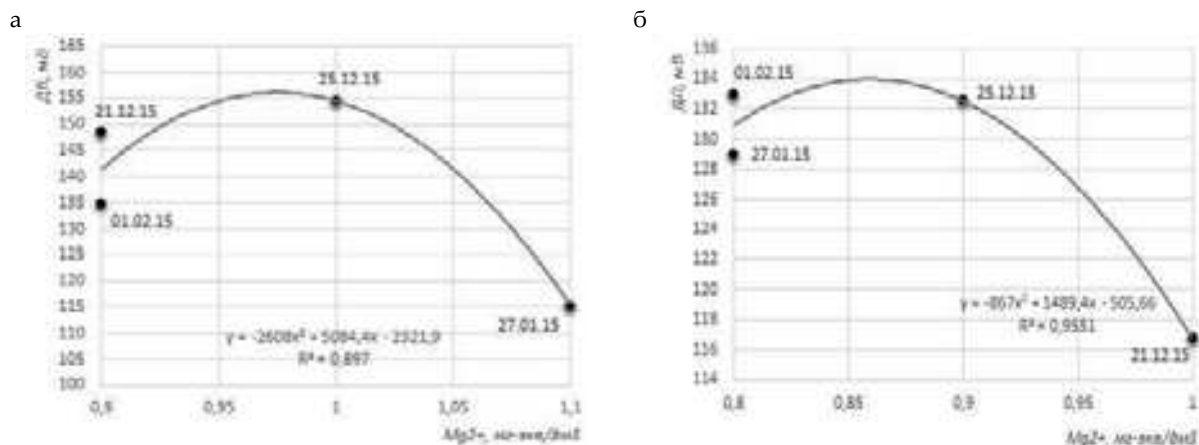


Рис. 3. Зависимость значений ζ -потенциала ($\Delta\Pi$) от содержания ионов Mg^{2+} в пробах воды, отобранных по адресам (Ленинский район, зимний период): а – ул. Молодогвардейская, 207; б – ул. Полевая, 15

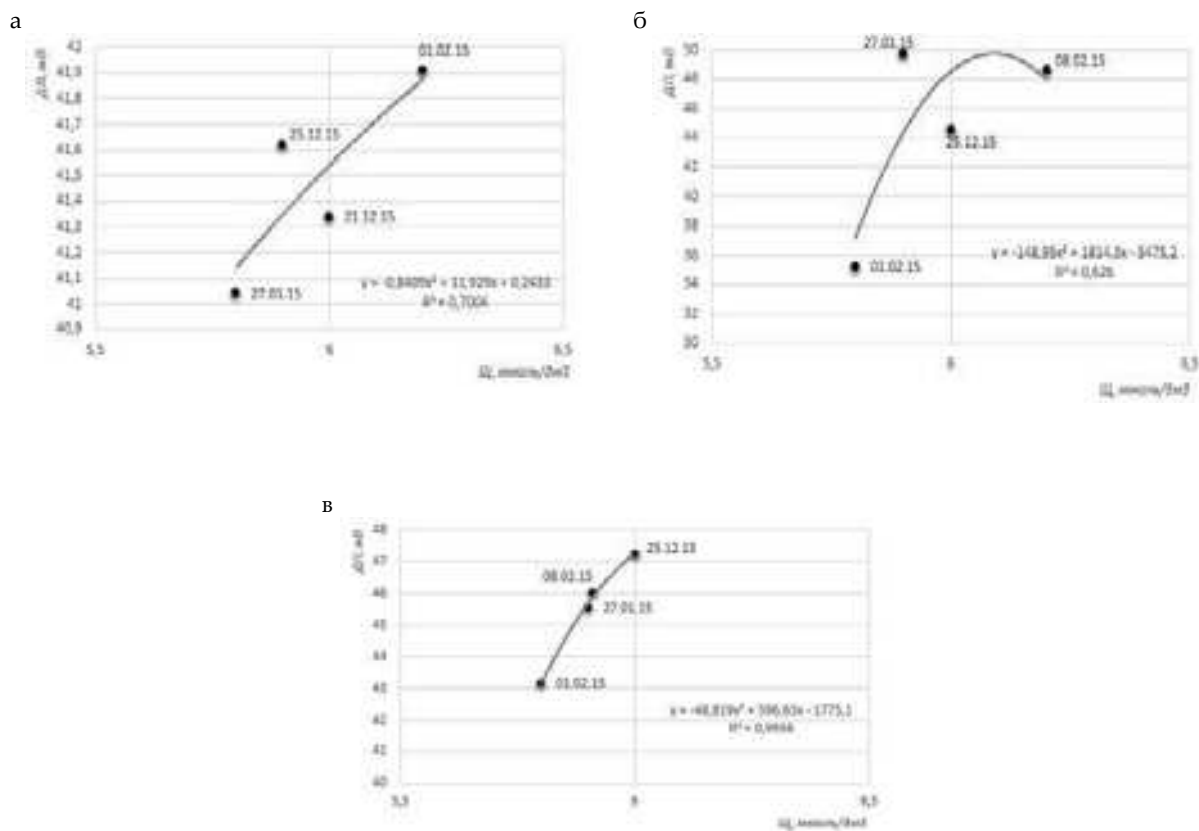


Рис. 4. Зависимость значений ζ -потенциала ($\Delta\Pi$) от щелочности в пробах воды, отобранных по адресам (Куйбышевский район, зимний период): а – Пугачевский тракт, 5; б – ул. Белорусская, 96; в – ул. Белорусская, 92

Установлено, что в исследованном случае величина ζ -потенциала росла до достижения общей жесткости воды в 3,0 – 3,5 мг-экв/дм³, после чего наблюдалось некоторое его снижение (рис.1). Примерно такая же зависимость видна и на рис. 2 (ζ -потенциал = $f(\text{Ca}^{2+})$). В то же время при увеличении концентрации солей Mg^{2+} более 0,85÷0,98 мг-экв/дм³ величина ζ -потенциала уменьшалась (рис. 3). Зависимость величины ζ -потенциала от щелочности подземной воды можно считать прямо пропорциональной (рис. 4).

Выводы. 1. Установлено, что все показатели качества питьевой воды в Ленинском и Октябрьском районах Самары отличались стабильностью и соответствовали действующим нормам СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения». В Куйбышевском районе вода соответствовала нормам по всем исследуемым показателям, кроме жесткости.

2. Показано, что в летний период значения дзета-потенциала в отобранных пробах менялись от 114,9 до 170,0 мВ, а в зимний – от 115,2 до 176,1 мВ. Величина щелочности была в пределах 2,0÷4,0 ммоль/дм³ летом и 2,2÷4,3 – зимой. Общая жесткость воды изменялась от 2,0 до 4,0 мг-экв/дм³ в летний период и от 4,3 до 5,8 – в зимний, т.е. зимние значения в 1,6 раза превышали летние. Жесткость воды по Ca^{2+} была примерно в 2,8 раза больше, чем по Mg^{2+} ,

Об авторах:

КИЧИГИН Виктор Иванович

доктор технических наук, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: kichigin.viktr@rambler.ru

ЗИНОВЬЕВА Валерия Вячеславовна

магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194

ЗОЛОТЕНКОВ Виктор Олегович

магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194

ЗОТКИНА Леся Андреевна

магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194

Для цитирования: Кичигин В.И., Зиновьева В.В., Золотенков В.О., Зоткина Л.А. Исследование зависимости физико-химического состава питьевой воды г. Самары от величины ее дзета-потенциала // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 38-43. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.7.

For citation: Kichigin V.I., Zinoviev V.V., Zolotenko V.O., Zotkina, L.A. The dependence of the physico-chemical composition of drinking water Samara from the magnitude of its zeta-potential // Urban construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 38-43. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.7.

летом и в 1,6 раза – зимой. Щелочность водопроводной воды в зимний период была в 1,13 раза больше, чем летом, а показатель мутности – в 1,36 раза.

3. Значения показателей качества питьевой воды из подземных водозаборов отличались большей стабильностью, чем из поверхностного источника. В артезианской воде значения ζ -потенциала были в 3÷7 раз ниже, чем в волжской, и изменялись от 42,2±30,9 мВ в летний период до 16,1 ÷ 49,7 мВ зимой. Щелочность летней воды была несколько выше зимней.

4. Определены эмпирические зависимости между величиной ζ -потенциала исследованной воды, ее жесткостью и щелочностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Химия, 1975. 512 с.
2. Кичигин В.И., Скороходов С.Н. К вопросу о применимости ζ -потенциала воды в качестве характеристики степени ее загрязненности // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, № 3. С. 28–34.
3. Атанов Н.А., Волков И.Н., Кичигин В.И. Устройство для измерения величины дзета-потенциала // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 70-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР / СГАСУ. Самара, 2013. Ч.II. С. 221–224.
4. Кичигин В.И. Моделирование процессов очистки воды: учебное пособие для вузов. М.: Изд-во АСВ, 2002. 230 с.

KICHIGIN Viktor I.

Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: kichigin.viktr@rambler.ru

ZINOVIEVA Valeria V.

Master's Degree Student of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194

ZOLOTENKOV Victor O.

Master's Degree Student of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194

ZOTKINA Lesya A.

Master's Degree Student of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194

В.И. КИЧИГИН
Е.Д. ЧЕРНЯГИНА

ДЗЕТА-ПОТЕНЦИАЛ КАК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА ВОДЫ

**THE ZETA-POTENTIAL AS A UNIVERSAL
TECHNOLOGICAL INDICATOR OF WATER QUALITY**

Установлено, что в процессе мойки автотранспорта существенно менялись такие показатели качества воды, как ее цветность, мутность и щелочность. Изменения значений других показателей были в пределах статистических погрешностей. Доказано, что с увеличением цветности воды (и, вероятно, ее мутности) диапазон изменения значений дзета-потенциала (ζ -потенциала) сужался. В сточной воде, по сравнению с исходной, диапазон изменения значений щелочности был значительно шире, но при меньшем интервале изменения ζ -потенциала. Были выявлены зависимости изменения ζ -потенциала от физико-химических показателей исходной и сточной воды.

Ключевые слова: дзета-потенциал, исходная и сточная вода, электрофоретическая подвижность, автомобильные мойки

В последние годы на дорогах России возросло количество автомобильного транспорта, а соответственно и число предприятий сервисного обслуживания, в том числе установок для мойки машин. С целью выполнения требований Водного кодекса РФ по рациональному использованию водных ресурсов и охраны окружающей среды от загрязнения, обязательной целью инженерного обеспечения работы моек автотранспорта является создание системы оборотного водоснабжения с доочисткой сбрасываемого избытка оборотной воды до допустимых концентраций. Нарушения чреваты штрафами, поэтому во избежание проблем требуется регулярно проводить анализ состава сточных вод, не дожидаясь визита контролирующих органов, для которых проблемы в работе очистных сооружений не являются оправданием.

Для проведения химического анализа воды необходимы специализированные лаборатории. Это дорого, неоперативно и имеет воспроизводимость химических анализов в пределах $\pm 30\%$. В подобном случае возникают ситуации, требующие проведения экспресс-анализа воды непосредственно на объекте водоснабжения. Вот почему целесообразнее было бы найти универсальный экспресс-показатель качества воды, который мог бы оценить общее влияние основных загрязнений на качество очищенной воды. Возможно, что таким показателем может стать величина

Were identified based on the changes in ζ -potential from physical and chemical indicators of source and waste waters. It is established that in the process of washing vehicles changed significantly such water quality parameters as its color, turbidity and alkalinity. Change the values of other indicators were within the statistical errors. It is proved that the increase of colour of water (and, probably, its turbidity) the range of values of the zeta-potential (ζ -potential) has narrowed. In the waste water compared to the original, the range of alkalinity values was much wider, but with a smaller range of changes in ζ -potential.

Key words: zeta-potential, source and waste water, electrophoretic mobility, car wash

дзета-потенциала (ζ -потенциала) воды, являющегося мерой устойчивости частиц коллоидной степени дисперсности.

Исследования проводились на воде после мойки легкового автотранспорта, отличающейся как видовым разнообразием, так и фазово-дисперсным составом загрязнений [1–3]. Пробы воды отбирались на автомобильных мойках, находящихся в Самаре (пос. Управленческий) по адресам: ул. Солдатская, д. 22 и ул. Ветвистая (КД № 53.346776, 50.202649). Для исследования отбирали два вида воды – исходную и сточную. Исходной водой служила водопроводная, забираемая из городской сети. Сточная – это вода после мойки автотранспорта, загрязненная взвешенными и коллоидными веществами и различными реагентами. Основным химическим реагентом на обеих мойках был концентрированный автошампунь – AutoClean Standart в соотношении 1:6.

Продолжительным обследованием водного хозяйства 34 предприятий Средневолжского транспортного управления (СВТУ) было установлено [2], что основными загрязнениями моечных вод являются взвешенные и эфирорастворимые вещества (табл.1 и 2).

В настоящей статье все полученные результаты исследований были обработаны методами математической статистики по методикам [4] при уровне значимости $q = 0,05$.

Таблица 1

Качество моечных вод [2, табл. 6.4]

Показатель	Средние значения	Показатель	Средние значения
Взвешенные вещества, мг/дм ³	7878 ± 826	ХПК, мгО ₂ /дм ³	248,5 ± 153,8
Эфирорастворимые, мг/дм ³	50 ± 22	pH	7,6 ± 0,3
Щелочность (общ.), мг-экв/дм ³	1,9 ± 1,3	Жесткость (общ.), мг-экв/дм ³	5,1 ± 1,0
Окисляемость по КМнО ₄ , мгО ₂ /дм ³	25,5 ± 14,0		

Таблица 2

Качество моечных вод [2, табл. 6.6]

Вид осадка	Объем выпавшего осадка, дм ³ /м ³	Часть от общего объема, %	Расчетная скорость осаждения, мм/с
Крупный песок	6,6 ± 6,5	17,0	12,9 ± 5,5
Мелкий песок	9,5 ± 3,5	24,7	2,7 ± 1,2
Глинистые частицы	22,7 ± 12,0	58,3	0,19 ± 0,13
Всего:	38,8 ± 11,3	100,0	–

Доказано [1,2], что основу осадка (77,3 % от общей его сухой массы) составляют частицы размерами менее 1,0 мм. Масса наиболее трудноудаляемых при водоочистке частиц крупностью менее 0,25 мм составляет 28,5 ± 11,1 %. Эти частицы состоят из мелкого песка (24,5 % от общего объема) и глины. После естественного уплотнения осадка в течение 1,5 ч он имеет объемную массу 2,9 ± 1,7 т/м³ при влажности 82,6 ± 6,0 %. Скорость осаждения песчинок при 20 °С равняется 1,8 ± 0,6 мм/с, а скорость полного осаждения загрязнений мельче 0,25 мм – 0,13 мм/с.

При скорости осаждения (всплывания) $\theta_0 = 0,074$ мм/с в осадок выпадает 98,4 % общего количества взвешенных веществ и всплывает 11,3 % эфирорастворимых. При $\theta_0 = 0,0139$ мм/с степень извлечения взвеси составляет не менее 99,8 %, а в осветленной воде остается 25-50 мг/дм³ взвешенных веществ и 10-15 мг/дм³ эфирорастворимых при средней исходной концентрации загрязнений соответственно 10,4 ± 0,3 и 89,5 ± 57,6 мг/дм³. В работе [1] было показано, что синтетические моющие средства (СМС), в основном отрицательно заряженные анионоактивные, существенно снижают скорость осаждения взвешенных веществ, особенно глинистых, составляющих почти 60 % от общего количества загрязнений. Кинетика выпадения этих частиц из стоков сравнительно устойчива только при концентрации СМС менее 3,0 мг/дм³ и удовлетворительно описывается зависимостью

$$G = 4,86 (1 - \exp[-\alpha\theta]) + C (1 - \exp[-\alpha\theta]),$$

где G – объем выпавшего осадка, дм³/м³; C – концентрация СМС в стоке; θ – скорость осаждения загрязнений при 10 °С; α – эмпирический коэффициент, принимаемый в зависимости от концентрации величины C :

C , мг/дм ³	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
α	1,76	0,94	0,67	0,99	1,87	3,31

Согласно ранее существовавшим нормам, концентрация загрязнений в оборотной воде, используемой для мойки автотранспорта, не должна была превышать 40 мг/дм³ для легковых автомобилей и автобусов и 70 мг/дм³ – для грузового транспорта. По нефтепродуктам соответственно – 15 и 20 мг/дм³. В настоящее время в основном используется бесконтактная мойка с помощью кёрхера, для которого допустимо качество исходной воды на 1-1,5 порядка выше. Таким образом, большая и разнообразная загрязненность стока после мойки автотранспорта требует создания новых прогрессивных систем и технологических схем его обработки, основанных как на изучении физико-химического состава и свойств загрязнений, так и на надежном и сравнительно дешевом способе контроля над степенью очистки этих вод.

В нашем случае оба предприятия использовали бесконтактную мойку с помощью кёрхера по следующей технологии. Сначала моют машину струей чистой воды, для смягчения грязи. Затем покрывают ее слоем пены, используя специальную насадку к аппарату высокого давления (на втором предприятии мойщики наносили пену вручную). Затем высоконапорной струей чистой воды смывалась вся пена. Последняя стадия мытья кузова – специальной прорезиненной тряпкой вручную сверху вниз стягивалась вся вода, чтобы не оставлять разводов на корпусе автомобиля. Обычно перед нанесением шампуня вынимают и моют коврики, затем пылесосят салон и багажник, моют окна изнутри (если это нужно).

На кафедре водоснабжения и водоотведения Самарского государственного архитектурно-строительного университета было создано устройство [5] для определения величины дзета-потенциала, приведенное на рис. 1, работающее на амперометрическом методе определения электрофоретической подвижности коллоидных частиц. Электрическая схема собирается следующим образом. Находящиеся в измерительной камере электроды подключались к источнику питания (рис.1, а) с соблюдением полюсов. К линии одного из электродов подключался миллиамперметр (рис.1, б).

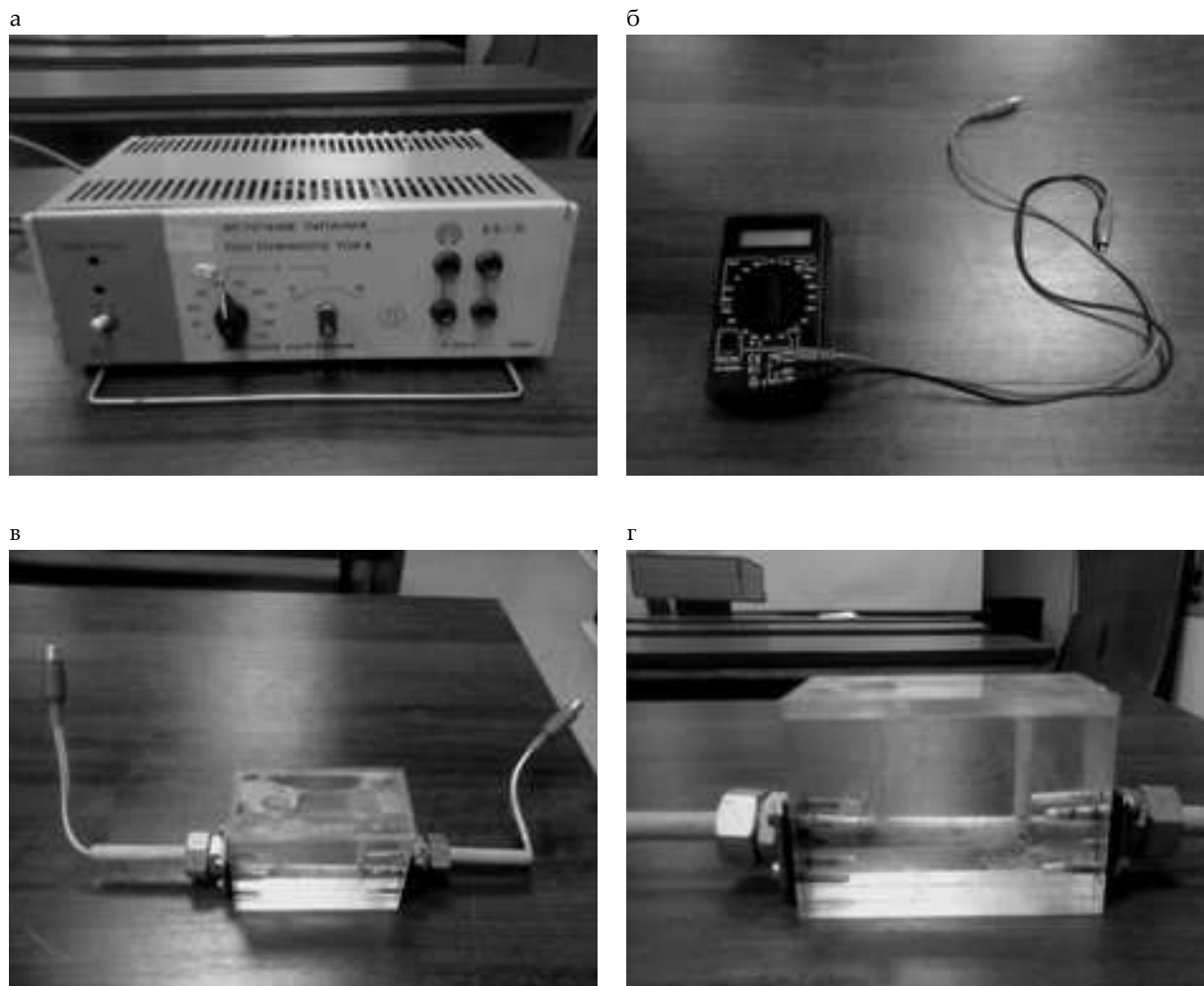


Рис. 1. Общий вид измерительного устройства [1]:
а – источник питания постоянного тока Б5-31; б – миллиамперметр М-830ВЗ;
в, г – измерительные камеры с двумя электродами

Напряжение на источнике питания постоянного тока не превышало 50 В. После сборки электрической схемы и заполнения измерительной камеры (рис. 1, в, г) исследуемой жидкостью источник постоянного тока подключался к электрической сети. Затем через 10–15 с на источнике питания одновременно с секундомером включался тумблер в положение «СЕТЬ». В камере создавалось постоянное электрическое поле, под действием которого частицы загрязнений двигались к противоположно заряженному электроду. Разряжаясь на электроде, эти частицы изменяли силу тока, которая фиксировалась миллиамперметром. Секундомер выключался, когда сила тока достигала максимального значения. Зафиксированное время (в секундах) и максимальное значение силы тока (в амперах) записывались в рабочий журнал.

Расчет дзета-потенциала проводился по уравнению Гельмгольца – Смолуховского [6, с. 201]:

$$\zeta = \frac{k\pi\eta U 300^2}{\varepsilon}, \quad (1)$$

где ε – диэлектрическая проницаемость жидкости, Ф/м; η – вязкость жидкости, Па·с; k – постоянная, зависящая от формы частиц (для сферических частиц $k = 60$); U – электрофоретическая подвижность, а также ее упрощенная форма для разбавленных водных растворов при 20 °С:

$$\zeta = 1,42 \cdot 10^6 \cdot u, \text{ мВ.} \quad (2)$$

Учитывая, что для разных времен года температура воды будет отличаться от 20 °С, то необходимо внести поправку на изменение ее вязкости:

$$\zeta = (1,42 \cdot 10^6 \cdot \eta \cdot u) / \eta_{(20^\circ\text{C})}, \text{ мВ.} \quad (3)$$

Параллельно в паспортизированной, аттестованной гидрохимической лаборатории кафедры водоснабжения и водоотведения Самарского государственного технического университета проводили

количественный химический анализ исследуемой воды. После расчета ζ -потенциала выявлялась его зависимость от некоторых показателей физико-химического состава исходной и сточной вод. Каждый анализ проводился в соответствии с Природоохранными нормативными документами федеративными (ПНД Ф) по методикам, которые использует данная лаборатория [7–13]. Определялись значения таких показателей, как: *pH*, *цветность*, *мутность*, *щелочность*, *жесткость*, *кальций*, *магний* и *хлориды*. Результаты представлены в табл. 3 и 4. Обобщенная среднегодовая статистическая характеристика проведенных исследований, рассчитанная по данным табл. 3 и 4 при уровне значимости $q = 0,05$, приведена в табл. 5.

По полученным результатам были построены зависимости изменения величины ζ -потенциала от цветности (рис. 2 и 3) и щелочности (рис. 4 и 5) воды. На каждом графике нанесено по 24 точки, которые были разбиты на две группы: автомойка № 1 – синий цвет и автомойка № 2 – красный цвет.

Анализ данных, приведенных в табл. 3–5, показал, что для автомойки № 1 величина ζ -потенциала *исходной* воды изменялась от $14,9 \pm 2,0$ до $45 \pm 1,0$ мВ (табл. 3) при среднегодовой его величине $X = 31,8 \pm 9,0$ мВ (табл. 5). Для *сточной* воды ζ -потенциал находился в пределах $17,4 \pm 1,0 \div 35,3 \pm 1,0$ (табл. 3) при $X = 25,2 \pm 5,2$ мВ (табл. 5). Среднегодовой показатель общей жесткости воды равнялся $12,3 \pm 1,3$ мг-экв/дм³ и на 78 % создавался солями Ca^{2+} , а общей жесткости *сточной* воды – $X = 13,8 \pm 1,9$ мг-экв/дм³ и на 73,9 % был представлен солями кальция (табл. 5).

Для мойки № 2 ζ -потенциал *исходной* воды изменялся от $14,7 \pm 1,0$ до $65,3 \pm 2,0$ мВ (табл. 4). Средняя годовая величина этого показателя $X = 32,8 \pm 9,2$ мВ (табл. 5). Дзета-потенциал *сточной* воды изменялся от $14,1 \pm 2,0$ до $46,6 \pm 10,0$ мВ (табл. 4), а среднегодовая величина $X = 25,2 \pm 9,2$ мВ (табл. 5). Среднегодовой показатель общей жесткости *исходной* воды равнялся $12,3 \pm 1,1$ мг-экв/дм³ и на 79,7 % состоял из солей Ca^{2+} . Общая жесткость *сточной* воды $X = 12,7 \pm 1,2$ мг-экв/дм³ и на 73,2 % была представлена солями кальция (табл. 5).

Было установлено (табл. 3–5), что в процессе мойки автотранспорта существенно менялись такие показатели качества воды, как ее *цветность*, *мутность* и *щелочность*. Изменение значений других показателей были в пределах статистических погрешностей.

После анализа зависимости изменения величины ζ -потенциала от цветности исследуемой воды (табл. 3, 4 и рис. 2, 3) были выявлены некоторые закономерности. Например, для *исходной* воды (рис. 2) основная часть точек находилась в пределах изменения ее цветности от 5 до 10 град по платино-кобаль-

товой шкале (ПКШ) и диапазона изменения значений ζ -потенциала – от 10 до 40 мВ. Для *сточной* воды (рис. 3) основное сосредоточение точек было в зоне изменения ее цветности от 12 до 53 град по ПКШ и изменении величины ζ -потенциала от 14 до 32 мВ. Таким образом, с увеличением цветности воды (и, вероятно, ее мутности) диапазон изменения значений ζ -потенциала сужался.

Для подтверждения рассмотрим несколько точек. Так, для точки «Осень 2 (син)» значения ζ -потенциала в исходной воде было равно 38,8 мВ при цветности 13,7 град (рис. 2), а в *сточной* воде ζ -потенциал уменьшался до 35,3 мВ, при увеличении цветности до 95,8 град (рис. 3). Минимальные значения ζ -потенциала наблюдались в летний период (10–15 В). Весной и осенью значения зависимости ζ -потенциала от цветности в исходной и *сточной* водах были разбросаны. Вероятно, причиной этого могли служить сезонные изменения погодных условий.

Анализ зависимостей ζ -потенциала от *щелочности* исходной и *сточной* вод (рис. 4 и 5) показал, что в *сточной* воде, по сравнению с исходной, диапазон изменения значений щелочности был значительно шире, но при меньшем интервале изменения ζ -потенциала. Так, для *исходной* воды зона расположения основного скопления контрольных точек была в диапазонах изменения щелочности от 4,7 до 5,2 мг-экв/дм³ и ζ -потенциал – от 19 до 48 мВ, а для *сточной* в пределах изменений щелочности от 5 до 11 мг-экв/дм³ и ζ -потенциал – от 11 до 31 мВ.

Выводы. 1. Установлено, что в процессе мойки автотранспорта существенно менялись такие показатели качества воды, как ее *цветность*, *мутность* и *щелочность*. Изменение значений других показателей были в пределах статистических погрешностей.

2. Установлено, что для автомойки № 1 величина ζ -потенциала *исходной* воды изменялась от $14,9 \pm 2,0$ до $45 \pm 1,0$ мВ при среднегодовой его величине $X = 31,8 \pm 9,0$ мВ. Для *сточной* воды ζ -потенциал находился в пределах $17,4 \pm 1,0 \div 35,3 \pm 1,0$ при среднегодовом значении, равном $25,2 \pm 5,2$ мВ. Для мойки № 2 ζ -потенциал *исходной* воды изменялся от $14,7 \pm 1,0$ до $65,3 \pm 2,0$ мВ. Средняя годовая величина этого показателя равнялась $32,8 \pm 9,2$ мВ. Дзета-потенциал *сточной* воды изменялся от $14,1 \pm 2,0$ до $46,6 \pm 10,0$ мВ, а среднегодовая величина равнялась $25,2 \pm 9,2$ мВ. Снижение ζ -потенциала и сужение его диапазона для *сточных* вод, вероятно, было вызвано применением моющих веществ на автомобильных мойках. Минимальные значения ζ -потенциала наблюдались летом, а максимальные – в весенний период.

3. Для мойки № 1 среднегодовой показатель общей жесткости *исходной* воды равнялся $12,3 \pm 1,3$ мг-экв/дм³

Таблица 3

Обобщенные результаты исследований физико-химических качеств воды на автомойке №1

№ п/п	Исследуемая вода	Дата исследования	ζ-потенциал, мВ	pH	Температура, °С	Цветность, град	Мутность, мг/дм³	Щелочность, ммоль/дм³	Кальций, мг-экв/дм³	Магний, мг-экв/дм³	Общая жесткость, мг-экв/дм³	Хлориды, мг/дм³
1	Исходная	24.03.2016	35,6±7	7,04	19	24,87	0,46	5,40	8,50	5,40	13,90	4,10
	Сточная		29,9±3	6,91	19	214,80	15,00*	12,10	14,55	5,55	20,10	7,82
2	Исходная	14.04.2016	14,9±2	7,36	19	7,46	Отсут.	5,50	9,80	1,10	10,90	7,60
	Сточная		15,3±3	7,09	19	206,00	8,20*	8,10	8,55	3,55	12,10	7,82
3	Исходная	05.05.2016	62,2±3	7,22	20	27,36	Отсут.	5,00	8,50	2,80	11,30	5,90
	Сточная		33,8±4	7,05	19	207,20	5,90*	8,10	7,55	3,55	11,10	4,82
4	Исходная	20.07.2016	14,4±1	6,94	24	5,02	Отсут.	6,00	10,50	5,00	15,50	8,40
	Сточная		14,3±1	6,40	25	40,70	3,50*	19,10	9,55	3,55	13,10	8,32
5	Исходная	28.07.2016	23,8±5	6,95	25	6,63	Отсут.	5,20	11,90	3,40	15,30	8,20
	Сточная		16,3±2	6,51	24	32,50	4,30*	5,10	14,55	2,55	17,10	7,82
6	Исходная	05.08.2016	21,4±1	7,31	24	4,15	Отсут.	5,80	10,30	4,60	14,90	7,90
	Сточная		22,1±2	7,02	25	40,70	2,90*	4,10	9,55	3,55	13,10	6,82
7	Исходная	21.10.2016	34,2±2	6,85	19	23,15	0,33	5,50	9,70	1,40	11,10	3,90
	Сточная		33,2±1	6,47	19	153,50	17,80*	14,10	14,55	3,55	18,10	8,82
8	Исходная	03.11.2016	38,8±1	7,01	18	13,67	Отсут.	5,40	8,10	1,40	9,50	4,00
	Сточная		35,3±1	6,84	19	95,80	14,30*	10,10	8,55	4,55	13,10	5,82
9	Исходная	15.11.2016	45,3±1	6,93	17	12,08	отсут.	5,20	9,30	1,50	10,80	5,40
	Сточная		31,3±2	6,79	18	51,20	5,50*	9,10	7,55	4,55	12,10	8,82
10	Исходная	02.12.2016	34,5±1	7,10	15	4,82	Отсут.	5,10	9,40	2,30	11,70	6,80
	Сточная		28,9±1	6,50	16	12,20	4,40*	12,10	8,55	2,55	11,10	7,82
11	Исходная	13.12.2016	32,1±1	6,85	16	5,15	Отсут.	4,70	9,00	2,00	11,00	7,00
	Сточная вода		24,7±1	6,64	16	15,60	4,00*	10,10	9,55	2,55	12,10	9,82
12	Исходная	21.12.2016	23,6±1	7,00	16	5,05	Отсут.	4,90	9,90	2,30	12,20	7,20
	Сточная		17,4±1	6,95	17	14,10	2,90*	10,10	9,55	3,05	12,60	9,82
* – значения «мутности» отстоянной воды.												

Таблица 4

Обобщенные результаты исследований физико-химических качеств воды на автомойке №2

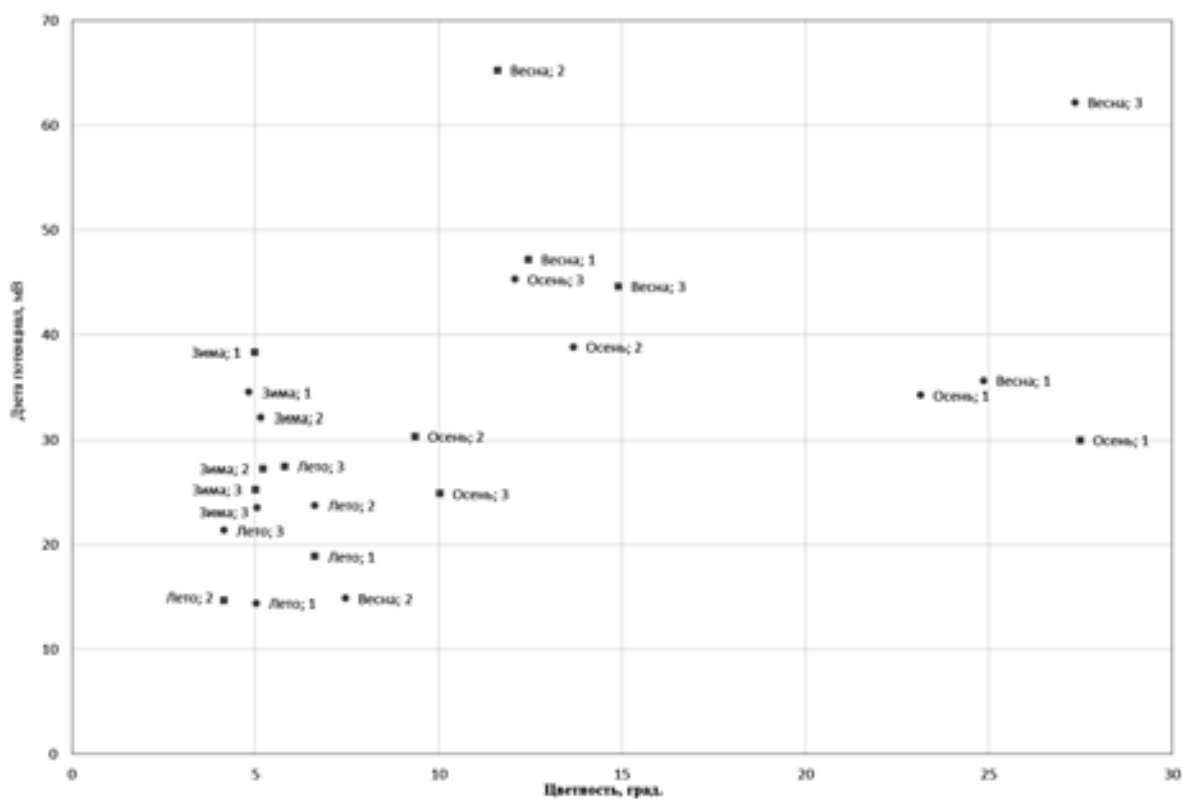
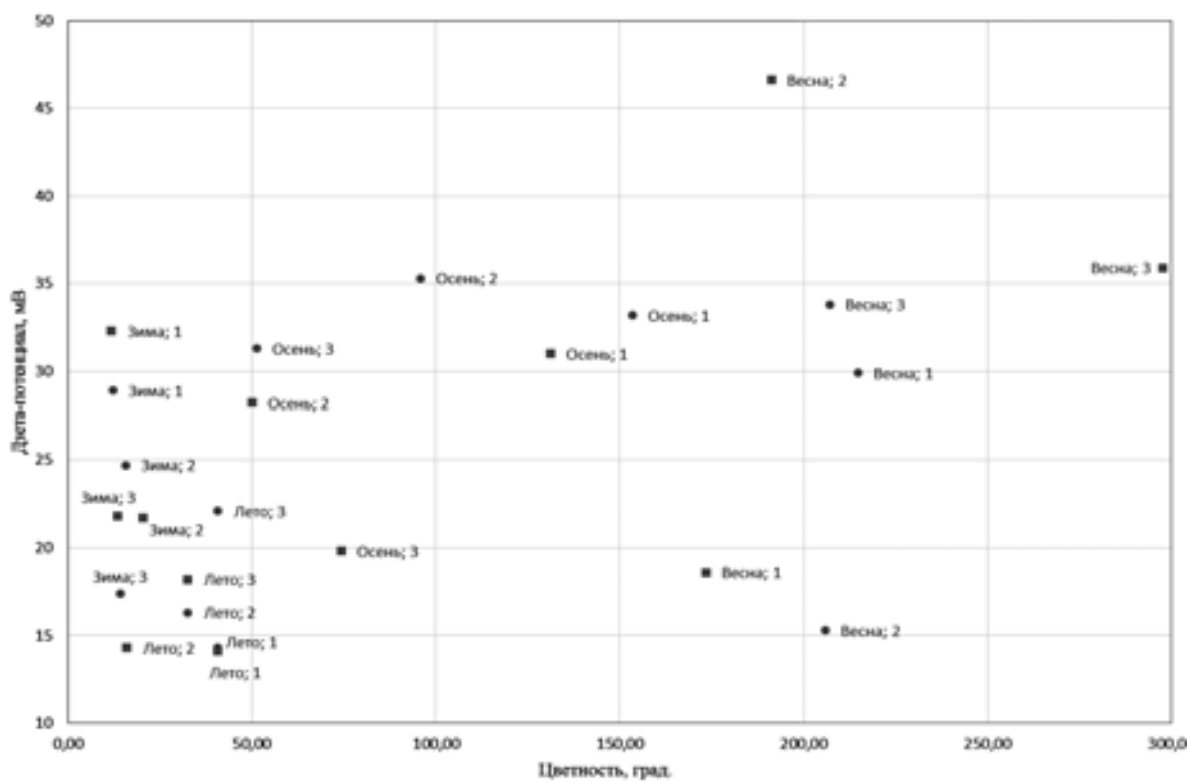
№ п/п	Исследуемая вода	Дата исследования	ζ-потенциал, мВ	pH	Температура, °С	Цветность, град	Мутность, мг/дм³	Щелочность, ммоль/дм³	Кальций, мг-экв/дм³	Магний, мг-экв/дм³	Общая жесткость, мг-экв/дм³	Хлориды, мг/дм³
1	Исходная	31.03.2016	47,2±4	7,31	17	12,44	Отсут.	5,00	10,00	3,30	13,30	7,70
	Сточная		18,5±5	6,88	17	173,40	17,30*	9,10	9,55	0,45	10,00	6,82
2	Исходная	28.04.2016	65,3±2	7,04	22	11,61	Отсут.	5,00	8,00	3,40	11,40	6,00
	Сточная		46,6±10	7,12	20	191,40	14,10*	10,10	9,55	1,55	11,10	5,82
3	Исходная	19.05.2016	44,6±13	7,09	22	14,90	Отсут.	5,50	7,00	1,80	8,80	3,80
	Сточная		35,9±7	6,63	21	297,70	16,50*	11,10	7,55	4,55	12,10	4,82
4	Исходная	27.07.2016	18,9±5	7,34	25	6,63	Отсут.	5,00	11,00	3,80	13,80	7,30
	Сточная		14,1±2	6,67	25	40,70	7,00*	5,10	11,55	3,55	15,10	4,82
5	Исходная	02.08.2016	14,7±1	7,12	25	4,15	Отсут.	5,40	10,80	3,40	14,20	7,60
	Сточная		14,3±1	6,56	25	15,90	4,40*	6,10	10,55	3,55	14,10	5,82
6	Исходная	10.08.2016	27,5±5	7,25	24	5,80	Отсут.	5,90	10,90	4,20	15,10	8,10
	Сточная		18,2±1	6,98	24	32,50	7,50*	8,10	11,55	4,55	16,10	7,82
7	Исходная	27.10.2016	30,0±1	6,72	18	27,50	0,12	4,90	10,10	1,90	12,00	6,50
	Сточная		31,0±1	6,53	19	131,10	16,60*	9,10	8,55	3,55	12,10	6,82
8	Исходная	09.11.2016	30,4±1	7,11	18	9,36	0,24	5,10	9,10	1,80	10,90	6,00
	Сточная		28,1±1	6,91	18	50,00	14,80*	10,10	8,55	3,55	12,10	6,82
9	Исходная	24.11.2016	24,9±1	7,08	17	10,04	Отсут.	4,80	10,70	2,10	12,80	7,90
	Сточная		19,8±1	6,81	17	74,20	8,00*	8,10	7,55	5,55	13,10	7,82
10	Исходная	07.12.2016	38,3±2	6,71	14	4,98	Отсут.	4,80	9,20	2,20	11,40	6,90
	Сточная		32,3±2	6,68	15	11,80	5,90*	9,10	7,55	3,55	11,10	8,82
11	Исходная	16.12.2016	27,3±1	6,57	14	5,21	Отсут.	5,00	10,20	1,80	12,00	7,10
	Сточная вода		21,7±1	6,43	15	20,30	4,20*	11,10	9,55	3,55	13,10	10,82
12	Исходная	26.12.2016	25,3±1	6,91	15	5,00	Отсут.	5,10	10,10	1,80	11,90	7,40
	Сточная		21,8±1	6,72	15	13,40	3,00*	13,10	9,55	2,55	12,10	11,82
* – значения «мутности» отстоянной воды.												

Таблица 5

Обобщенная среднегодовая статистическая характеристика проведенных исследований

Исследуемая вода	Статистические параметры	Значения по показателям качества воды									
		ДП, мВ	рН	t , °С	цветность, град, по ПКШ	мутность, мг/дм³	щелочность, ммоль/дм³	хлориды, мг/дм³	жесткость, мг-экв/дм³		
									по Ca^{2+}	по Mg^{2+}	общая
Данные по автомойке № 1											
Исходная	$\bar{x}_{cp.}$	31,8	7,1	19,3	11,6	0,07	5,3	6,4	9,6	2,8	12,3
	S	13,6	0,2	3,4	8,7	0,16	0,37	1,7	1,03	1,5	2,0
	m_x	9,0	0,1	2,2	5,7	0,10	0,2	1,1	1,6	1,0	1,3
	X	31,8±9,0	7,1±0,1	19,3±2,2	11,6±5,7	0,07±0,10	5,3±0,2	6,4±1,1	9,6±1,6	2,8±1,0	12,3±1,3
Сточная	$\bar{x}_{cp.}$	25,2	6,8	19,7	90,4	7,4*	10,2	7,9	10,2	3,6	13,8
	S	7,9	0,2	3,2	81,9	5,3*	4,1	1,5	2,7	0,9	2,9
	m_x	5,2	0,16	2,1	54,1	3,5*	2,7	1,0	1,8	0,6	1,9
	X	25,2±5,2	6,8±0,16	19,7±2,1	90,4±54,1	7,4±3,5*	10,2±2,7	7,9±1,0	10,2±1,8	3,6±0,6	13,8±1,9
Данные по автомойке № 2											
Исходная	$\bar{x}_{cp.}$	32,8	7,0	19,2	9,8	0,03	5,1	6,9	9,8	2,6	12,3
	S	14,0	0,2	4,2	6,6	0,07	0,3	1,2	1,2	0,9	1,7
	m_x	9,2	0,16	2,7	4,3	0,05	0,2	0,8	0,8	0,6	1,1
	X	32,8±9,2	7,0±0,16	19,2±2,7	9,8±4,3	0,03±0,05	5,1±0,2	6,9±0,8	9,8±0,8	2,6±0,6	12,3±1,1
Сточная	$\bar{x}_{cp.}$	25,2	6,7	19,2	87,7	9,9*	9,2	6,6	9,3	3,4	12,7
	S	9,8	0,2	3,8	91,4	5,5*	2,2	1,0	1,4	1,4	1,7
	m_x	6,5	0,13	2,5	60,3	3,6*	1,4	0,7	0,9	0,9	1,2
	X	25,2±6,5	6,7±0,13	19,2±2,5	87,7±60,3	9,9±3,6*	9,2±1,4	6,6±0,7	9,3±0,9	3,4±0,9	12,7±1,2

$\bar{x}_{cp.}$ – среднее значение из выборки; S – эмпирический стандарт; m_x – интервальная оценка; $X = \bar{x}_{cp.} \pm m_x$ – математическое ожидание искомой величины.
Представленные значения рассчитаны по данным табл. 3 и 4 при уровне значимости $q = 0,05$.
* – значения «мутности» отстоянной воды.

Рис. 2. Зависимость ζ -потенциала от цветности исходной воды автомоек №1 и 2 в течение годаРис. 3. Зависимость ζ -потенциала от цветности сточной воды автомоек №1 и 2 в течение года

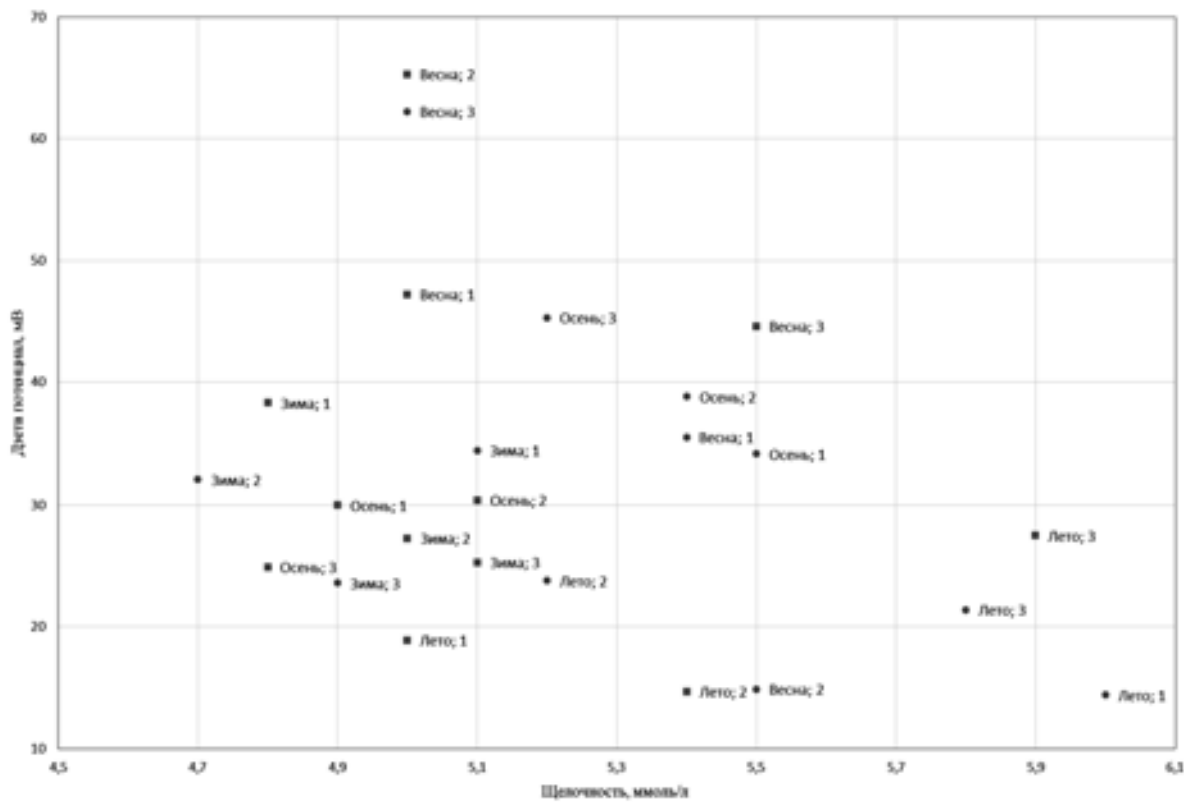


Рис. 4. Зависимость ζ -потенциала от щелочности исходной воды автомоек №1 и 2 в течение года

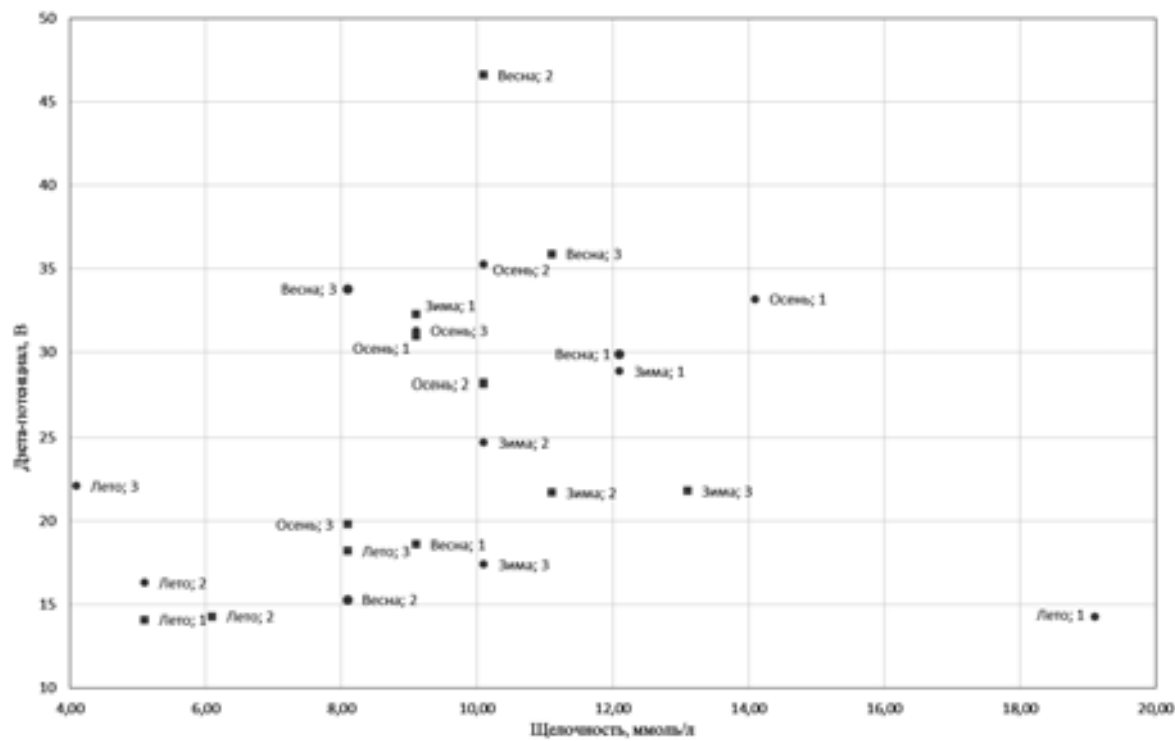


Рис. 5. Зависимость ζ -потенциала от щелочности сточной воды автомоек №1 и 2 в течение года

и на 78 % создавался солями Ca^{2+} , а общей жесткости сточной воды – $13,8 \pm 1,9$ мг-экв/дм³ и на 73,9 % был представлен солями кальция. Для мойки № 2 среднегодовой показатель общей жесткости исходной воды равнялся $12,3 \pm 1,1$ мг-экв/дм³ и на 79,7 % состоял из солей Ca^{2+} . Общая жесткость сточной воды равнялась $12,7 \pm 1,2$ мг-экв/дм³ и на 73,2 % была представлена солями кальция.

4. Доказано, что с увеличением цветности воды (и, вероятно, ее мутности) диапазон изменения значений ζ -потенциала сужался. В сточной воде по сравнению с исходной, диапазон изменения значений щелочности был значительно шире, но при меньшем интервале изменения ζ -потенциала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Молодов П.В., Дмитриев В.Д., Кичигин В.И. Исследование состава воды после мойки автотранспорта и кинетика выпадения загрязнений // Известия ВУЗов: Строительство и архитектура. 1984. № 6. С. 113–115.
2. Кичигин В.И. Основы моделирования и оптимизации территориальных систем водоотведения / СамГАСА. Самара, 2002. 339 с.
3. Кичигин В.И., Палагин Е.Д., Волков И.Н. Исследование возможности очистки сточных вод авторемонтных предприятий // Научное обозрение. 2014. № 5. С. 111–118.
4. Закс Л. Статистическое оценивание / пер. с нем. В.Н. Варыгина; под ред. Ю.П. Адлера и В.Г. Горского. М.: Статистика, 1976. 599 с.
5. Атанов Н.А., Волков И.Н., Кичигин В.И. Устройство для измерения величины дзета-потенциала // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 70-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР / СГАСУ. Самара, 2013. Ч. II. С. 221–224.

6. Волюцкий С.С. Курс коллоидной химии. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Химия, 1975. 512 с.

7. ПНД Ф 14.1:2.3:4.121-97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений рН в водах потенциометрическим методом.

8. ПНД Ф 14.1:2.4:207-04. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений цветности питьевых, природных и сточных вод фотометрическим методом.

9. ПНД Ф 14.1:2.4:213-05. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений мутности питьевых, природных и сточных вод турбидиметрическим методом о каолину и по формазину.

10. ПНД Ф 14.1:2.3:4.245-2007. Количественный химический анализ вод. Методика измерений свободной и общей щелочности в питьевых, поверхностных, подземных пресных и сточных водах титриметрическим методом.

11. ПНД Ф 14.1:2.4:111-97. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации хлорид-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах меркуриметрическим методом.

12. ПНД Ф 14.1:2.98-97 (изд. 2004 г.). Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений жесткости в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом.

13. ПНД Ф 14.1:2.95-97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации кальция в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом.

Об авторах:

КИЧИГИН Виктор Иванович

доктор технических наук, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194
E-mail: kichigin.viktr@rambler.ru

ЧЕРНЯГИНА Елизавета Дмитриевна

магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194

KICHIGIN Viktor I.

Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Water Supply and Wastewater Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194
E-mail: kichigin.viktr@rambler.ru

CHERNYAGINA Elizaveta D.

Master's Degree Student of the Water Supply and Wastewater Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194

Для цитирования: Кичигин В.И., Чернягина Е.Д. Дзета-потенциал как универсальный технологический показатель качества воды // Градостроительство и архитектура. 2017. Т. 7, № 4. С. 44–53. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.8.

For citation: Kichigin V. I., Chernyagina E. D. The Zeta-potential as a universal technological indicator of water quality // Urban construction and architecture. 2017. V. 7, 4. Pp. 44–53. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.8.

В.Д. НАЗАРОВ
М.В. НАЗАРОВ
В.Ю. РАЗУМОВ
М.А. ДРЁМИНА
А.А. ОСИПОВА

ОЧИСТКА ПРИРОДНЫХ ВОД ОТ ЖЕЛЕЗА И МАРГАНЦА

PURIFICATION OF NATURAL WATERS OF IRON AND MANGANESE

Разработана инновационная технология повышения качества питьевой воды: реагентного метода очистки для достижения показателей качества питьевой воды со значительным превышением содержания в воде железа и марганца. Показано, что применение силицированного кальцита в качестве активного фильтрующего и каталитического материала для удаления (окисления) железа, марганца, солей жесткости позволяет добиться снижения их содержания в питьевой воде до нормативных величин. Установлено, что применение новейших материалов и реагентов для подготовки питьевой воды позволяет увеличить фильтроцикл загрузки за счет малой грязеемкости минерального фильтрующего материала и снизить экономические затраты путем экономии реагента, поскольку эффективность очистки воды достигается даже при его малых дозах.

Ключевые слова: обезжелезивание, деманганация, умягчение, активная фильтрующая загрузка, электрохимический фильтр, модифицированная загрузка

Содержание в воде питьевого качества железа и марганца не должно превышать значений 0,3 и 0,1 мг/л соответственно. Для подземных вод большинства регионов страны характерно превышение этих нормативов в десятки раз.

Повышенное содержание в воде марганца неблагоприятно влияет на нервную систему человека, наблюдается снижение активности ферментов крови, увеличивается митотическая активность клеток костного мозга. Повышенная концентрация железа также вредна для организма человека. Оно может накапливаться в печени в виде коллоидных оксидов железа, которые вредно воздействуют на клетки печени, вызывая их разрушение. Кроме того, вода от железа имеет желто-бурую окраску, неприятный привкус [1].

Существуют различные методы очистки воды от этих соединений, которые можно условно разделить на реагентные и безреагентные. Основой безреагентных методов является предварительное аэрирование воды, которое может осуществляться различными способами, и последующее фильтрование через зернистую загрузку, например, через кварцевый песок.

It is established that application of the latest material and reagents for preparation of drinking water, allows to increase a loading filter run due to small contaminant capacity of the mineral filtering material and to lower economic costs by reagent economy as efficiency of water purification is reached even in case of its small doses.

Keywords: deferrization, a demanganation, softening, the active filtering loading, the electrochemical filter, the modified loading

Основой реагентной обработки воды является фильтрование в минеральной загрузке в присутствии коагулянтов, флокулянтов и подщелачивающих реагентов.

И в том, и в другом случае главной целью является окисление ионов примеси, поскольку в окисленном состоянии они, как правило, нерастворимы и происходит отделение образующейся взвеси тем или иным способом, например, фильтрацией или отстаиванием.

Применение реагентного метода очистки дает больше возможностей для достижения показателей качества питьевой воды со значительным превышением содержания в воде железа и марганца изначально.

По методу реагентной обработки воды были проведены серии опытов для достижения норм предельно допустимой концентрации железа и марганца в воде. Разработана инновационная схема водоподготовки, которая подтверждается результатами проведенных лабораторных исследований.

Исследования проводились на натурной воде из поселка Миловка, расположенного на территории Республики Башкортостан. Показатели качества исходной воды представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика исходной воды

№ п/п	Испытания	Жесткость, мг-экв/дм ³	Железо, мг/дм ³	Марганец, мг/дм ³	Щелочность, мг-экв/дм ³
	СанПиН 2.1.4.1074-01	7,0	0,3	0,1	Не норм.
1	Исходная от 12 января 2016 г.	8,8	4,9	1,05	-
2	Исходная от 21 января 2016 г.	15,1	9,85	0,83	7,9
3	Исходная от 27 января 2016 г.	9,2	7,957	1,16	6,9
4	Исходная от 3 февраля 2016 г.	9,2	12,813	1,289	7,1
5	Исходная от 4 февраля 2016 г.	9,1	6,069	0,894	-
6	Исходная от 8 февраля 2016 г.	8,9	8,575	1,372	-

При одинаковых нормальных условиях одних и тех же опытных проб производилось сравнение применяемых коагулянтов.

Коагулянт сернокислый алюминий. Как известно, наиболее распространенным коагулянтом на стадии водоподготовки является сернокислый алюминий (ГОСТ 12966-85 «Алюминия сульфат технический очищенный. Технические условия»). Коагулянт работает в паре с флокулянтом и подщелачивающим реагентом. Однако достичь глубокого эффекта очистки воды с применением данного реагента часто не представляется возможным.

В данном эксперименте применялся коагулянт сернокислый алюминий и подщелачивающий реагент едкий натрий. После добавления реагентов проводилось отстаивание и пропуск через фильтрующую загрузку. При изучении полученных результатов можно сделать вывод, что коагулянт сернокислый алюминий хорошо справился с задачей при удалении из воды железа и её умягчении, но не дал необходимых результатов ПДК по марганцу. Результаты анализа представлены в табл.2.

Коагулянт оксихлорид алюминия. В ходе эксперимента коагулянт сернокислый алюминий не позволил достичь требуемого эффекта очистки, вследствие чего был заменен на коагулянт оксихлорид алюминия, так как рядом российских и зарубежных исследований доказано, что наиболее эффективными коагулянтами являются комплексные алюминийсодержащие гидроксоаквасоединения, особенно водные растворы полигидроксохлоридов.

Оксихлорид алюминия – это коагулянт последнего поколения серии «Бриллиант®» на основе полиоксихлорида алюминия. Коагулянт производится в двух видах:

жидком – «Бриллиант®-18» с содержанием Al_2O_3 18 %;

порошкообразном – «Бриллиант®-50» с содержанием Al_2O_3 50 %.

В работе применялся коагулянт в порошкообразной форме с содержанием Al_2O_3 50 %. Также для улучшения процессов умягчения воды добавлялся подщелачивающий реагент едкий натрий NaOH, производилось отстаивание и фильтрование. Результаты анализов полученной воды представлены в табл.2.

Изучив данные, представленные в табл. 2, можно сделать вывод, что коагулянт нового поколения – оксихлорид алюминия во многом превосходит своего предшественника. Обращает на себя внимание чрезвычайно малая доза коагулянта, при которой достигается эффективная очистка воды. Коагулянт на основе полигидроксохлорида не снижает щелочность обрабатываемой воды, соответственно экономит подщелачивающий реагент.

На графиках (рис. 1 и 2) представлена зависимость эффекта очистки воды от вида и дозы применяемого реагента.

По графикам видно, что данный коагулянт приводит к дополнительному удорожанию процесса очистки, поскольку только при увеличении дозы коагулянта уменьшаются показатели железа и марганца в воде.

Таблица 2

Сравнение коагулянтов по эффективности

Испытания	pH	Жесткость, мг-экв/дм ³	Железо, мг/дм ³	Марганец, мг/дм ³	Доза подщелачивающего реагента, г/л
СанПиН 2.1.4.1074-01		7,0	0,3	0,1	–
1. Сернокислый алюминий $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$ и подщелачивающий реагент NaOH	~8,4	6,5±1,0	0,12±0,03	0,11±0,03	2,0
2. Оксихлорид алюминия $Al_2(OH)_3Cl^3$ и подщелачивающий реагент NaOH	~7,7	6,0	0,055	0,078	0,2

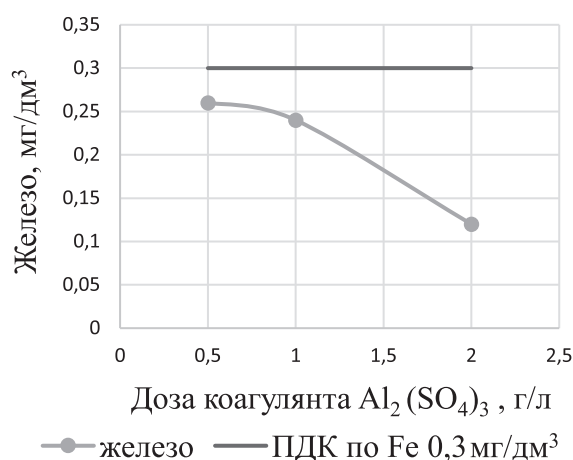


Рис. 1. Зависимость эффекта обезжелезивания воды от дозы коагулянта сернокислого алюминия

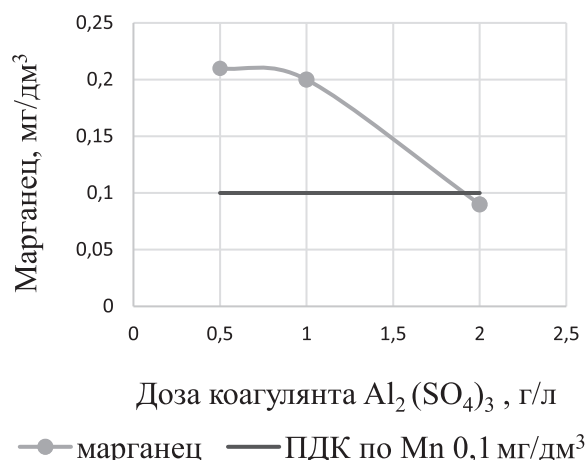
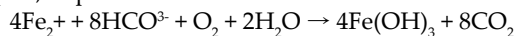


Рис. 2. Зависимость эффекта деманганации воды от дозы коагулянта сернокислого алюминия

Инновационная схема очистки воды от железа и марганца. Для эффективной работы инновационной схемы водоподготовки применяется двухступенчатое фильтрование.

Фильтрование осуществляется через фильтрующий материал естественного происхождения – силицированный кальцит (ГОСТ Р 51641-2000 «Материалы фильтрующие зернистые»), содержащий в своем составе соединения кремния, магния и железа, суммарное содержание которых 0,5 – 1,6 мас. % [5,6].

Эффект очистки воды от ионов железа зависит от содержания в образце кремния. В образцах силицированного кальцита содержится в среднем 0,3 – 0,4 мас. % кремния. Это активный фильтрующий и каталитический материал для удаления (окисления) железа, марганца, сероводорода, солей жесткости, тяжелых металлов и радионуклидов. Силицированный кальцит – материал нового поколения, не имеющий аналогов в России и за рубежом, обладает каталитической активностью в реакциях окисления железа и марганца растворенными в воде окислителями: кислородом воздуха, озоном, гипохлоритом натрия, перманганатом калия.



Силицированный кальцит эффективно удаляет растворенные в воде железо с концентрацией до 15 мг/л и марганец с концентрацией до 2 мг/л при значениях pH ниже 6,0, низкой щелочности и высоком содержании углекислоты.

Материал позволяет производить корректировку pH, не загрязняя воду кальцием, так как размываемость материала невелика. Также силицированный кальцит доводит показатель pH воды до значения, при котором ионы трехвалентного железа образуют соответствующие гидроксиды, создающие нерастворимые хлопьевидные включения с большой удельной поверхностью и высокой адгезионной способностью относительно порообразующих минералов.

Ионы двухвалентного железа с помощью растворенного в воде кислорода окисляются, переходят в трехвалентные ионы [2].

Силицированный кальцит применяется в качестве эффективного фильтрующего материала для водоочистных установок и сооружений. Обладает высокой скоростью фильтрации, повышенной грязеемкостью. Отличается однородностью по гранулометрическому составу, высокой межзерновой пористостью. Обладая подщелачивающими свойствами, успешно применяется для удаления из воды растворенного железа и марганца.

Фильтрование через зернистую загрузку. Первой ступенью фильтрования является электрохимический фильтр [7-21], загруженный активным фильтрующим материалом – силицированным кальцитом и оснащенный электродами. Фильтр работает по принципу гальванопары.

Принцип работы электрохимического фильтра. Сущность метода электрохимической фильтрации заключается в следующем. В фильтре использована электродная пара «алюминий – медь». В качестве фильтрующего материала применяется силицированный кальцит. Фильтр загружают кальцитом с последовательной установкой электродов, которые размещаются таким образом, что по периметру фильтра располагают отрицательно заряженные электроды, а в центре фильтра устанавливают один положительно заряженный электрод. При пропускании воды сверху вниз сквозь фильтрующую загрузку возникает электродвижущая сила между электродами. Под действием тока растворяется электроотрицательный материал, гидролизует и образуется коагулянт $Al(OH)_3$, формирующий хлопья на поверхности зернистой загрузки. Коагулянт и электрическое поле, поляризующее минеральные зерна загрузки, способствуют образованию нерас-

творимых солей и их закреплению на зернах фильтрующего материала.

Второй ступенью является фильтрование через модифицированную загрузку. Модифицированная загрузка готовится путем обработки силицированного кальцита 1 %-м раствором перманганата калия и железным купоросом.

Принцип действия модифицированной загрузки. В пособии [3] указывается, что для повышения ресурса работы фильтрующей загрузки за счет закрепления пленки катализатора из гидроксидов железа и оксида марганца на поверхности зерен, а также для снижения расхода перманганата предлагается следующий метод.

Наиболее эффективным и технологически простым методом удаления марганца из вод поверхностных и подземных источников в настоящее время является обработка их перманганатом калия. Очень важным аспектом применения перманганата калия для очистки воды от марганца является образование дисперсного осадка оксида марганца MnO_2 , который, имея большую удельную поверхность порядка $300 \text{ м}^2/\text{г}$, является эффективным сорбентом. При обработке воды перманганатом калия снижение привкусов и запахов происходит также вследствие частичной сорбции органических соединений образующимся мелкодисперсным хлопьевидным осадком гидроксида

марганца. Таким образом, применение перманганата калия дает возможность удалить из воды как марганец, так и железо независимо от форм их содержания в воде. В водах с повышенным содержанием органических веществ железо и марганец образуют устойчивые органические соединения (комплексы), медленно и трудно удаляемые при обычной обработке хлором и коагулянтами. Применение перманганата калия, сильного окислителя, позволяет разрушить эти комплексы с дальнейшим окислением ионов марганца (II) и железа (II) и коагуляцией продуктов окисления. Перманганат калия, оказывая совокупное действие как окислителя, сорбента и вспомогательного средства коагуляции, является высокоэффективным реагентом для очистки воды от целого ряда загрязнений, в том числе и от марганца и железа [4].

В ходе проведения опытов разработана инновационная схема водоподготовки, представленная на рис. 3.

На рис. 3–6 показана эффективность процесса очистки воды от железа, марганца и жесткости путем фильтрования в две ступени. При двухступенчатом фильтровании первой ступенью является электрохимический фильтр, второй ступенью – модифицированная загрузка. При одноступенчатом фильтровании фильтрация осуществлялась либо только через электрохимический фильтр, либо только через фильтр с модифицированной загрузкой.

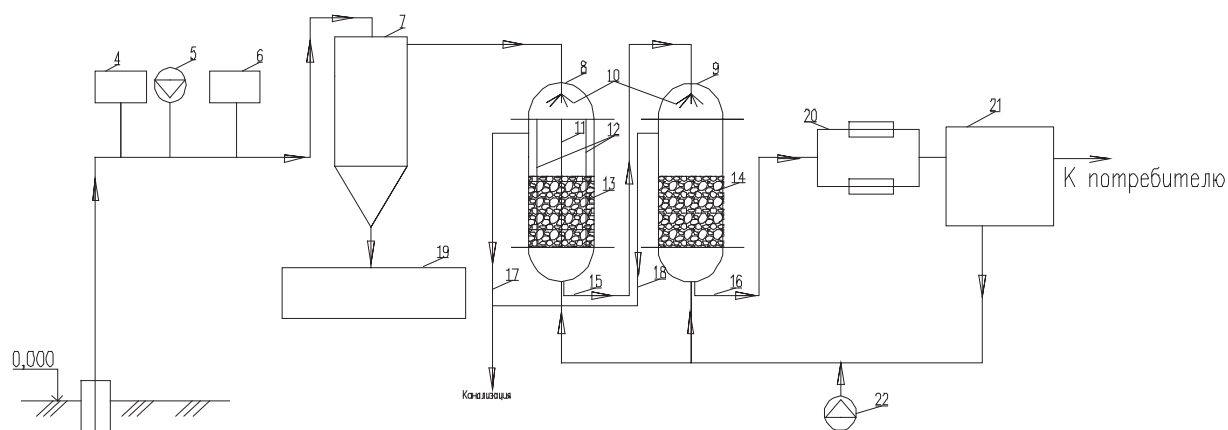


Рис. 3. Технологическая схема очистки воды от солей жесткости, железа и марганца:

- 1 – погружной насос; 2 – перфорация; 3 – скважина; 4, 6 – реагентное хозяйство; 5 – компрессор;
- 7 – вертикальный отстойник с тонкослойными блоками; 8 – электрохимический напорный фильтр типа TFB-75;
- 9 – напорный фильтр типа TFB-75 с модифицированной загрузкой; 10 – устройство для равномерного распределения воды;
- 11, 12 – медный и алюминиевые электроды; 13 – силицированный кальцит; 14 – модифицированная загрузка;
- 15 – отвод воды на вторую ступень фильтрования; 16 – подача фильтрованной воды на УФ-стерилизатор;
- 17, 18 – отвод промывной воды в канализацию; 19 – шламовая площадка; 20 – УФ-стерилизатор; 21 – РЧВ;
- 22 – воздушная подушка

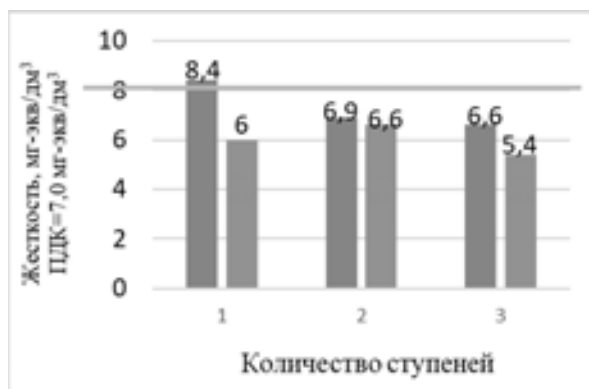


Рис. 4. Зависимость умягчения воды от количества ступеней фильтрования

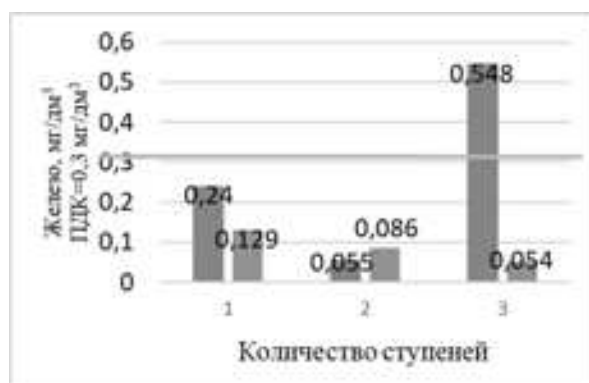


Рис. 5. Зависимость эффекта обезжелезивания воды от количества ступеней фильтрования

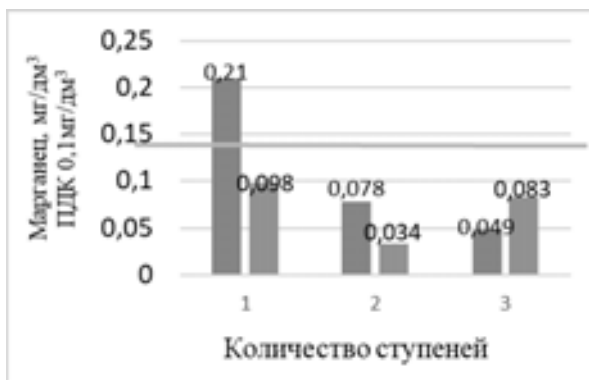


Рис. 6. Зависимость эффекта деманганации воды от количества ступеней фильтрования

Вывод. По результатам проведенных опытов видно, что, по совокупности показателей качества воды – жесткости, содержанию железа и марганца, наиболее оптимальным является применение двухступенчатого фильтрования. Таким образом, предлагаемая инновационная схема обработки воды позволяет добиться глубокого эффекта очистки и довести содержание в питьевой воде железа, марганца,

а также жесткости до величин, не превышающих нормативные значения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. http://www.aquafreshsystems.ru/article_12_p1.htm (дата обращения: 15.11.2017).
2. <http://mip-ugntu.ru/силицированный-кальцит-активный-фил> (дата обращения: 15.11.2017).
3. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка. М.: Изд. МГУ, 1996. 680 с.
4. Обезжелезивание и деманганация воды URL:http://www.aquafreshsystems.ru/article_03.htm (дата обращения: 18.11.2017).
5. Назаров В. Д., Зенцов В. Н., Назаров М. В., Водоснабжение в нефтедобыче: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. Уфа: Изд-во «Нефтегазовое дело», 2010. 447с.
6. Чертес К.Л., Смарина О.А., Тупицына О.В. Обработка высококонцентрированных сточных вод накопителей углеводородосодержащих отходов. Самара: СамГТУ, 2011. 149 с.
7. Патент РФ 2438985 МПК C02F1/00. Способ очистки природных и сточных вод и устройство для его осуществления / Назаров В.Д., Назаров М.В.; заявл.26.05.201; опубл.10.01.2012, Бюл.№1.
8. Патент РФ 2422187 МПК B01D25/00. Сорбционный фильтр / Назаров В.Д, Назаров М.В., Лейпи И.В.; заявл.18.08.2009; опубл. 27.06.2011, Бюл.№6.
9. Патент РФ 2400435 МПК C02F1/46. Фильтр для очистки воды / Назаров В.Д, Назаров М.В., Мухаметзянов А.Р.; заявл.20.05.2009; опубл.27.09.2010, Бюл.№27.
10. Патент РФ 2399425 МПК B03C3/00. Фильтр для очистки воды / Назаров В.Д, Назаров М.В., Мухаметзянов А.Р.; заявл.20.05.2009; опубл. 20.09.2010, Бюл. №26.
11. Патент РФ 23905065 МПК C02F5/02. Способ умягчения природных вод / Назаров В.Д, Назаров М.В., Хабибуллина М.Р. заявл.27.09.2009, опуб.27.05.2010, Бюл.№15.
12. Патент РФ 2369565 МПК C02F5/02. Способ умягчения природных вод / Назаров В.Д, Назаров М.В., Хабибуллина М.Р.; заявл. 24.03.2008; опубл. 10.10.2009, Бюл. №28.
13. Патент РФ 2360869 МПК C02F1/465. Устройство для электролитической обработки нефтесодержащих вод / Назаров В.Д, Назаров М.В., Хабибуллина М.Р.; заявл. 27.10.2008; опубл.10.07.2009,Бюл. №19.
14. Патент РФ на полезную модель 95655 МПК C02F1/24. Сооружение для электрохимической очистки нефтесодержащих сточных вод / Зенцов В.Н., Назаров В.Д.,Райзер Ю.С., Фофонов В.А. заявл. 25.10.2010, опубл.10.07.2010, Бюл. №19.
15. Патент РФ на полезную модель 101443 МПК C02F1/46. Электрод электрохимического фильтра (варианты) / Зенцов В.Н., Назаров В.Д.,Назаров М.В., Рабаев Р.У.; заявл. 26.05.2010; опубл.20.01.2011, Бюл. №2.

16. Патент РФ на полезную модель 89517 МПК C02F3/00. Комплексное сооружение для биологической очистки сточных вод / Назаров В.Д., Назаров М.В., Минигазимов И.Н., Ирнарзарева Л.Р.; заявл. 20.05.2009; опубл. 10.12.2009, Бюл. №34.

17. Патент РФ на полезную модель 88346 C02F1/465. Скорый фильтр для очистки воды / Назаров В.Д., Назаров М.В.; заявл. 20.05.2009; опубл. 10.11.2009, Бюл. №31.

18. Патент РФ на полезную модель 88012 C02F3/00. Комплексное сооружение для биологической очистки сточных вод / Назаров В.Д., Назаров М.В., Валиуллина Н.В., Ирнарзарева Л.Р.; заявл. 20.05.2009; опубл. 27.10.2009, Бюл. №30.

19. Патент РФ 2466102 МПК C02F1/46. Фильтр для очистки воды / Назаров В.Д., Назаров М.В., Крупина О.В., Зенцов В.Н.; заявл. 12.04.2011; опубл. 10.11.2012, Бюл. №31.

20. Назаров М.В. Очистка природных и сточных вод электрохимическим фильтрованием // Градостроительство и архитектура. 2013. №1. С. 51–60. DOI:10.17673/Vestnik.2013.01.9.

21. Назаров В.Д., Назаров М.В., Вайнштотк П.Н. Доочистка сточных вод нефтехимических предприятий электрохимическими методами // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2014. №5. С. 10–13.

Об авторах:

НАЗАРОВ Владимир Дмитриевич

доктор технических наук, профессор
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
450062, Россия, Республика Башкортостан,
г. Уфа, ул. Космонавтов, 1,
тел. +7 (917) 343-08-78

NAZAROV Vladimir D.

doctor of technical sciences, professor
Ufa State Petroleum Technological University
450062, Russia, Republic of Bashkortostan, Ufa, Cosmonauts
str., 1,
tel. +7 (917) 343-08-78

НАЗАРОВ Максим Владимирович

кандидат технических наук
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
450062, Россия, Республика Башкортостан,
г. Уфа, ул. Космонавтов, 1,
тел. +7 (917) 342-12-61

NAZAROV Maxim V.

Candidate of Technical Sciences.
Ufa State Petroleum Technological University
450062, Russia, Republic of Bashkortostan,
Ufa, Cosmonauts str., 1,
tel. +7 (917) 342-12-61

РАЗУМОВ Владимир Юрьевич

аспирант
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
450062, Россия, Республика Башкортостан,
г. Уфа, ул. Космонавтов, 1,
тел. +7 (917) 412-16-24

REASONS Vladimir Yu.

graduate student
Ufa State Petroleum Technological University
450062, Russia, Republic of Bashkortostan,
Ufa, Cosmonauts str., 1,
tel. +7 (917) 412-16-24

ДРЁМИНА Мария Александровна

бакалавр, магистр
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
450062, Россия, Республика Башкортостан,
г. Уфа, ул. Космонавтов, 1,
тел. +7 (917) 466-77-96
E-mail: Dremina_MA@mail.ru

DRYOMINA Maria A.

bachelor, the master
Ufa State Petroleum Technological University
450062, Russia, Republic of Bashkortostan,
Ufa, Cosmonauts str., 1,
tel. +7 (917) 466-77-96
E-mail: Dremina_MA@mail.ru

ОСИПОВА Анна Андреевна

магистр
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
450062, Россия, Республика Башкортостан,
г. Уфа, ул. Космонавтов, 1,
тел. +7 (917) 494-14-13

OSIPOVA Anna A.

Ufa State Petroleum Technological University
450062, Russia, Republic of Bashkortostan,
Ufa, Cosmonauts str., 1,
tel. +7 (917) 494-14-13

Для цитирования: Назаров В.Д., Назаров М.В., Разумов В.Ю., Дрёмина М.А., Осипова А.А. Очистка природных вод от железа и марганца // Градостроительство и архитектура. 2017. Т. 7, №4. С. 54-59. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.9.

For citation: Nazarov V.D., Nazarov M.V., Razumov V.Yu., Dremina M.A., Osipova A.A. Purification of natural waters from iron and manganese // Urban construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 54-59. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.9.

М.В. ШУВАЛОВ
А.К. СТРЕЛКОВ

ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ГЛАВНОГО КОЛЛЕКТОРА ДОЖДЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ И ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ВОЛЖСКОГО СКЛОНА В САМАРЕ

**DESIGN SOLUTIONS FOR CONSTRUCTION OF THE MAIN COLLECTOR OF RAIN SEWAGE
AND CENTRALIZED TREATMENT FACILITIES OF THE SURFACE FLOW OF THE VOLGA STOCK
IN SAMARA**

Представлены основные проектные решения проектной и рабочей документации для строительства главного коллектора дождевой канализации и централизованных очистных сооружений поверхностного стока Волжского склона в Самаре. Принятая в проекте трасса главного коллектора дождевой канализации обеспечивает возможность подключения одиннадцати существующих выпусков неочищенных поверхностных сточных вод, расположенных в зонах санитарной охраны водозаборов системы питьевого водоснабжения Самары. Заложенная в проект схема очистки поверхностных сточных вод предусматривает четырехступенчатую обработку воды, включая обеззараживание УФ-облучением.

Ключевые слова: поверхностные сточные воды, централизованные очистные сооружения, дождевая канализация

The main design decisions of the design and working documentation for the construction of the main collector of rain sewage and centralized treatment facilities for surface runoff of the Volga slope in Samara are presented. The route of the main collector of rain sewerage adopted in the project provides the possibility to connect eleven existing releases of untreated surface sewage located in the zones of sanitary protection of water intakes of the drinking water supply system of Samara. The scheme for the purification of surface wastewater envisages a four-step treatment of water, including disinfection with UV irradiation.

Keywords: surface sewage, centralized treatment facilities, rainwater drainage

Очистка поверхностных сточных вод, отводимых с территории города Самары в Саратовское водохранилище в границах зон санитарной охраны одного из основных водозаборов системы питьевого водоснабжения, является одним из злободневных вопросов модернизации городской системы ЖКХ [1, 2].

На территории многоэтажной жилой застройки Самары действует полная раздельная система канализации без сооружений очистки поверхностного стока. Схема закрытой системы дождевой канализации Самары характеризуется как комбинированная и децентрализованная, так как на территории города имеются бассейны канализования с перпендикулярной, пересеченной и радиальной схемой трассировки трубопроводов и большое число выпусков поверхностных сточных вод в р. Волгу (Саратовское водохранилище) и р. Самару. Территория города канализована только в границах многоэтажной жилой застройки.

На ряде промышленных предприятий имеются локальные очистные сооружения для очистки поверхностного стока с их территорий. С селитебной территории поверхностные сточные воды сбрасываются в водные объекты без очистки. Сброс поверх-

ностных сточных вод в Саратовское водохранилище осуществляется через 20 выпусков (13 береговых и 7 русловых), а в р. Самару через 13 выпусков, строительство которых осуществлялось с 1945 до 1980 гг.

В соответствии с «Генеральной схемой ливневой канализации г. Куйбышева», разработанной в 1983 г. институтом «ГИПРОКОММУНДОТРАНС» (Москва), территория города разделена на 18 водосборных бассейнов, в которых планировалось построить 13 комплексов очистных сооружений поверхностного стока. Эта схема легла в основу «Генерального плана развития г. Куйбышева на 1986–2005 гг.», разработанного институтом «ГИПРОГОР» (Москва). Общая площадь водосборных бассейнов составляет более 25000 га.

В 2008 г. был утвержден «Генеральный план г.о. Самара» (рис. 1), в котором в числе первоочередных мероприятий по развитию существующей системы дождевой канализации города предусматривалось строительство главного коллектора дождевой канализации вдоль Волжского склона и очистные сооружения в Постниковом овраге (рис. 2). Площадь водосборного бассейна нового коллектора равняется 2070 га. В предыдущей версии Генерального пла-

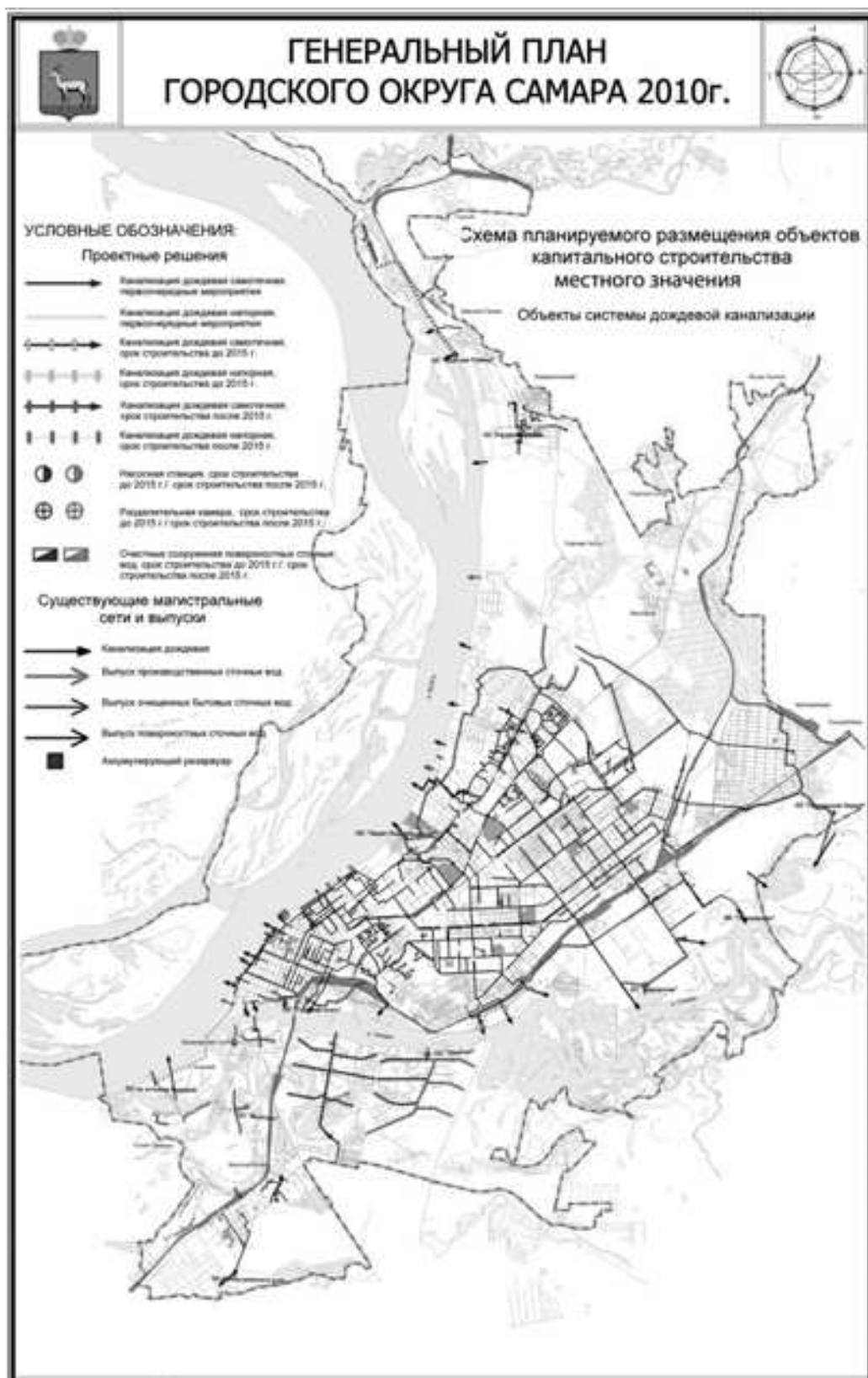


Рис. 1. Схема развития системы дождевой канализации по Генеральному плану г.о. Самара 2008 г. с изменениями 2010 г.

на города также предусматривалось размещение очистных сооружений в Постниковом овраге.

В 2012 г. правительством Самарской области были утверждены границы поясов зон санитарной охраны (ЗСО) русловых водозаборов на Саратовском водохранилище НФС №1 и НФС №2. Границы второго и третьего поясов ЗСО водозаборов (рис. 3) располагаются на расстоянии 3000 м по акватории водоема во все стороны и 750 м от уреза воды при летне-осенней межени. Разработчики границ поясов ЗСО, очевидно, не учли то, что, по статистическим данным Нижне-Волжского бассейнового управления по состоянию на март 2014 г. «в водном объекте Саратовское водохранилище в створе Постников овраг г. Самары скорость течения: максимальная 138 см/с, минимальная 4 см/с». Как следствие, было нарушено определение типа водного объекта для установления границ поясов ЗСО.

После утверждения новых границ ЗСО из 20 существующих выпусков неочищенных поверхностных сточных вод в Саратовское водохранилище на реке Волге 11 выпусков с четырех водосборных бассейнов (общей площадью более 4000 га) оказались в границах второго и третьего поясов ЗСО водозаборов НФС №1 и НФС №2, а три выпуска сбрасывают стоки по оврагам в границах первого пояса ЗСО для НФС №1 (рис. 3).

Согласно ст. 44 Водного кодекса РФ запрещается сброс сточных вод в границах зон санитарной охраны источников питьевого водоснабжения [3]. В то же время, согласно ст. 6.4 Федерального закона от 3 июня 2006 г. № 73-ФЗ «О введении в действие Водного кодекса Российской Федерации» [4], сброс сточных вод в водные объекты, расположенные в границах второго и третьего поясов зон санитарной охраны источников питьевого водоснабжения, допускается с соблюдением санитарных правил и норм только тем хозяйственным и иным объектам, которые введены в эксплуатацию до введения в действие Водного кодекса РФ (01.01.2007 г.).

В 2012 г. Нижне-Волжское БВУ утвердило нормативы допустимого сброса дождевых и талых сточных вод через существующие выпуски дождевой канализации г.о. Самара сроком на 5 лет при условии «...запроектировать и построить очистные сооружения дождевых стоков».

Таким образом, сложилась ситуация, в которой срочно требуется прекратить функционирование 11 существующих выпусков неочищенных поверхностных сточных вод в Саратовское водохранилище, оказавшихся в границах ЗСО водозаборов. Для этого требуется реализация решений «Генерального плана г.о. Самара» – строительство очистных сооружений «Постников овраг» и главного коллектора

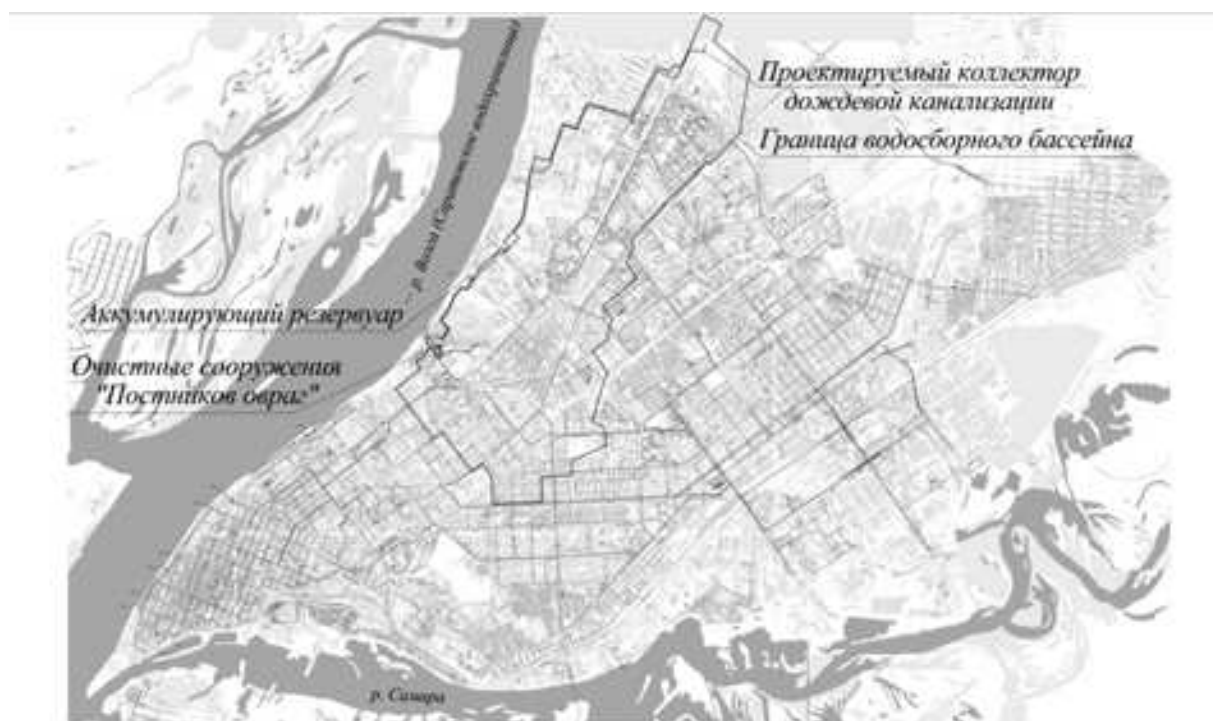


Рис. 2. Ситуационный план размещения очистных сооружений в Постниковом овраге и трассы проектируемого главного коллектора Волжского склона

дождевой канализации Волжского склона, перехватывающего вышеуказанные выпуски.

Размещение площадки очистных сооружений в Постниковом овраге и трасс подводящих коллекторов принято в соответствии с материалами:

– Генеральный план г.о. Самара, утвержденный решением Думы г.о. Самара от 20.03.2008 г. № 539 с изменениями 2010 г.

– Проект планировки территории в г.о. Самара в целях размещения объектов инженерной инфраструктуры, утвержденный министерством строительства Самарской области 24.12.2014 г.

Принятая в проекте трасса главного коллектора дождевой канализации Волжского склона обеспечивает возможность подключения существующих 11 выпусков дождевой канализации (рис. 3).

Для выпуска очищенных сточных вод и избыточного поверхностного стока с очистных сооружений «Постников овраг» проектом практически

предусматривается реконструкция существующего выпуска «Постников овраг», который до настоящего времени имеет участок протяженностью около 1000 м, представляющий собой земляной канал, проходящий по тальвегу Постникова оврага, в устье которого расположен трубопровод диаметром 1400 мм (рис. 4).

Принципиальная схема очистки поверхностных сточных вод (рис. 5) предусматривает четырехступенчатую обработку воды с усреднением расхода и концентрации загрязнений в аккумулирующих резервуарах:

1 степень – механическая очистка:

– процеживание;

– отстаивание в песколовках и аккумулирующих резервуарах;

2 степень – физико-химическая очистка:

– коагулирование загрязнений;

– отстаивание в тонкослойных отстойниках;

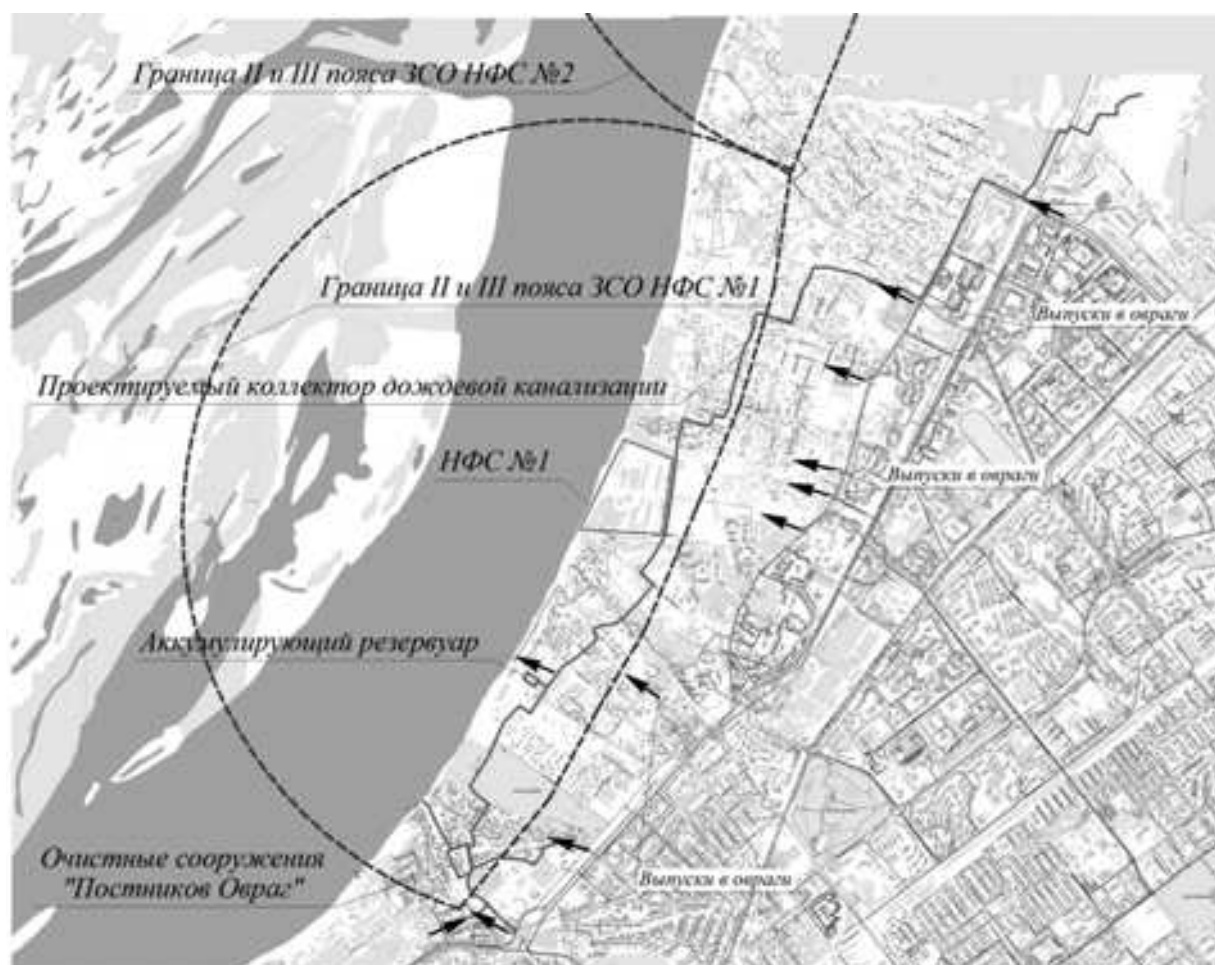


Рис. 3. Ситуационный план размещения существующих выпусков дождевой канализации в оврагах на Волжском склоне, границ поясов ЗСО водозаборов на р. Волге в Саратовском водохранилище и проектируемых природоохранных объектов



Рис. 4. Фотография существующего выпуска дождевой канализации в Постниковом овраге

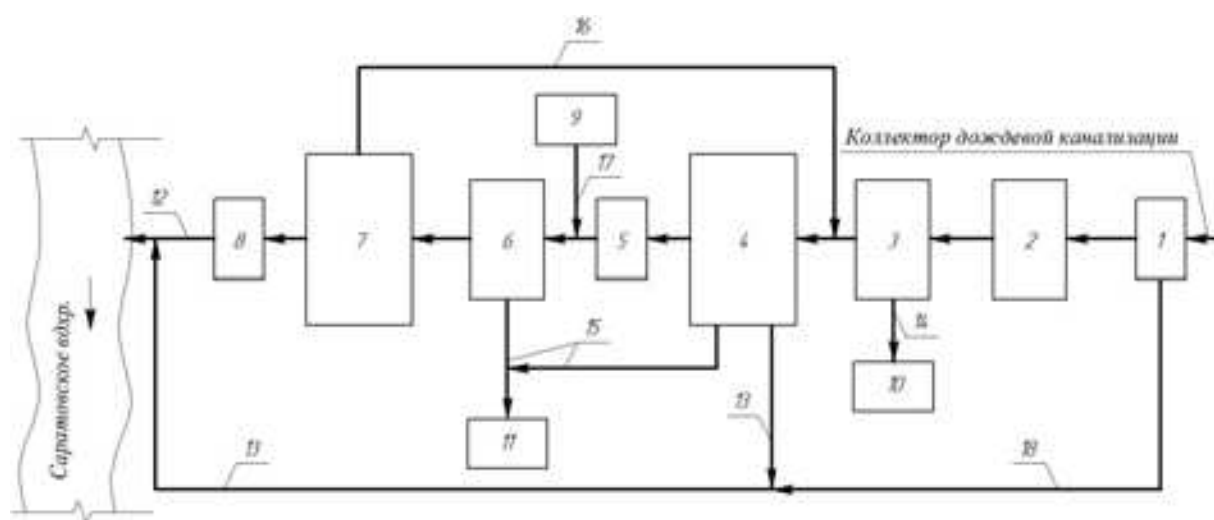


Рис. 5. Принципиальная схема очистных сооружений поверхностного стока «Постников овраг»:

- 1 – приемная камера; 2 – решетки; 3 – песколовки; 4 – аккумулярующие резервуары; 5 – насосная станция;
- 6 – отстойники; 7 – сооружения глубокой очистки; 8 – установки УФ-обеззараживания; 9 – реагентное хозяйство;
- 10 – песковые площадки; 11 – сооружения обработки осадка; 12 – выпуск очищенных дождевых вод;
- 13 – избыточный поверхностный сток; 14 – песок; 15 – осадок; 16 – загрязненная промывная вода; 17 – реагенты;
- 18 – аварийный сброс воды

3 ступень – глубокая очистка:
– фильтрование на контактных осветлителях;
– двухступенчатое фильтрование на сорбционных фильтрах с загрузкой МИУ-С;

4 ступень – обеззараживание воды:

– УФ-облучение.

Обработка осадков, задерживаемых в отстойниках и аккумулирующих резервуарах, запроектирована на ленточных фильтр-прессах. Песок, задерживаемый в песколовках, – на закрытых песковых площадках.

Максимальная производительность водоочистного оборудования – реагентного хозяйства, отстойников с тонкослойными модулями, контактных осветлителей и фильтров сорбционной очистки

1 и 2 ступени, оборудования УФ-облучения принята 2000 м³/ч. Суточная производительность очистных сооружений составляет 48000 м³/сут.

Согласно [5, 6] при отведении поверхностного стока в водный объект диктующими (приоритетными) показателями при выборе технологической схемы очистки принято содержание взвешенных веществ и нефтепродуктов. Значения концентраций характерных загрязняющих веществ (взвешенные вещества, БПК_{полн.} и нефтепродукты) в дождевом и талом стоках приняты по СП 31.13330.2012 [5].

Концентрации загрязняющих веществ в поступающих стоках на очистку и очищенных сточных вод представлены в табл. 1.

Таблица 1

Концентрации загрязняющих веществ в поверхностных сточных водах

Показатель	Концентрация загрязняющих веществ, мг/л		
	в дождевом стоке	в талом стоке	в очищенной воде
Взвешенные вещества	400	2000	3
БПК _{полн.}	40	70	3
Нефтепродукты	8	20	0,05

Технология глубокой очистки поверхностных сточных вод, заложенная в проект очистных сооружений г. Самары, была опробована и внедрена в 2011 г. на предприятии ЗАО «ТАРКЕТТ» в Самарской области.

Поверхностные сточные воды с территорий ЗАО «ТАРКЕТТ» собираются по закрытой сети дождевой канализации и поступают в приемные резервуары двух канализационных насосных станций, расположенных на территории ЗАО «ТАРКЕТТ». Далее поверхностные сточные воды перекачиваются в два пруда-отстойника (вместимость по 30 тыс. м³), откуда при помощи насосов подаются на очистку в здание очистных сооружений. Очищенные и обеззараженные поверхностные сточные воды направляются в резервуар очищенных сточных вод, откуда насосами подаются на повторное использование в производственных процессах и на полив территории предприятия, а также могут перекачиваться на существующий выпуск в р. Черновку. Проектная производительность очистных сооружений составляет 95 м³/ч, 2280 м³/сут.

В качестве фильтрующей загрузки используется природный угольный сорбент «МИУ-С» производства ООО «МИУ-Сорб»: фильтрах первой ступени – марки «МИУ-С 2», на второй ступени – марки «МИУ-С 3».

Промывку фильтров предусматривается производить водой из резервуара очищенной воды, подаваемой существующими насосами откачки очищен-

ной воды. Загрязненная промывная вода направляется на очистку в пруды-отстойники.

При снижении эффекта очистки по нефтепродуктам производится щелочная регенерация фильтрующей загрузки раствором соды в соответствии с рекомендациями ООО «МИУ-Сорб».

Внедренная на предприятии ЗАО «ТАРКЕТТ» технологическая схема обеспечивает очистку дождевого стока без использования реагента (флокулянта). При поступлении талого стока с высокими концентрациями загрязняющих веществ в данной схеме предусматривается использование реагента (флокулянта). Дозирование раствора флокулянта производится в трубопроводы подачи стоков в пруды-отстойники.

Выводы. 1. Строительство главного коллектора дождевой канализации Волжского склона и очистных сооружений «Постников овраг» позволит прекратить сброс неочищенных поверхностных сточных вод от одиннадцати выпусков, расположенных в ЗСО водозаборов НФС №1 и НФС №2.

2. Строительство централизованных очистных сооружений поверхностного стока Волжского склона г. Самары является более рациональным решением по экономическим параметрам при сравнении с вариантом строительства локальных очистных сооружений на каждом существующем выпуске.

3. Проектные решения по строительству коллектора и очистных сооружений с выпуском очи-

щенных сточных вод в Постниковом овраге являются реализацией первоочередных мероприятий «Генерального плана г.о. Самара».

4. Строительство данных природоохранных объектов обеспечит практическую реализацию требований Федерального закона РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 г. №52-ФЗ, а также позволит существенно снизить антропогенное воздействие на окружающую природную среду.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стрелков А.К., Шувалов М.В. Поверхностные сточные воды г. Самары и их влияние на водоемы как источники водоснабжения // Научное обозрение. 2015. № 7. С. 139–143.

2. Шувалов М.В., Стрелков А.К., Шувалов С.В., Тараканов Д.И. Разработка проекта очистных сооружений поверхностного стока производительностью 2000 м³/ч // Водоснабжение и санитарная техника. 2016. № 12. С. 35–40.

3. Федеральный закон от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ (в ред. от 28.11.2015) «Водный кодекс РФ».

4. Федеральный закон от 3 июня 2006 г. № 73-ФЗ «О введении в действие водного кодекса Российской Федерации».

5. СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения (актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85). М.: Министерство регионального развития РФ, 2012. 85 с.

Об авторах:

ШУВАЛОВ Михаил Владимирович

кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, директор Академии строительства и архитектуры Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (846)242-41-70
E-mail: ekos240@gmail.com

СТРЕЛКОВ Александр Кузьмич

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (846)333-56-76
E-mail: A19400209@yandex.ru

6. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. М: ОАО «НИИ ВОДГЕО», 2014. 88 с.

SHUVALOV Mikhail V.

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor of the Water Supply and Wastewater Chair, Director of the Academy of Civil Engineering and Architecture Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. 8462424170
E-mail: ekos240@gmail.com

STRELKOV Alexander K.

Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. 8463335676
E-mail: A19400209@yandex.ru

Для цитирования: Шувалов М.В., Стрелков А.К. Проектные решения по строительству главного коллектора дождевой канализации и централизованных очистных сооружений поверхностного стока Волжского склона в Самаре // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 60-66. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.10.

For citation: Shuvalov M.V., Strelkov A.K. design solutions for construction of the main collector of rain sewage and centralized treatment facilities of the surface flow of the Volga stock in Samara // Urban construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 60-66. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.10.

А.В. ИЩЕНКО

О.А. БАЕВ

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОГО ЭКРАНА НА ДОНСКОМ МАГИСТРАЛЬНОМ КАНАЛЕ

ESTIMATION OF EFFICIENCY OF IMPERVIOUS SCREEN AT THE DON MAIN CHANNEL

В статье дана оценка эффективности устройства противofильтрационного экрана на Донском магистральном канале, проведены натурные исследования на участке канала до и после реконструкции. Для оценки эффективности проведенного противofильтрационного мероприятия были выполнены сравнительные расчеты для участка канала до реконструкции (в земляном русле) и после (с облицовкой из геокомпозитных бентонитовых матов). Сделаны выводы и даны рекомендации по эксплуатации канала.

The article gives an evaluation of the efficiency of the Don main canal impervious screen, field observation on the canal section before and after reconstruction are carried out. To estimate the effectiveness of the impervious measure, comparative calculations are carried out for the canal section before the reconstruction (in the earthen channel) and after it (with facing from geocomposite bentonite mats), conclusions are drawn and recommendations for channel operation are made.

Ключевые слова: противofильтрационный экран, канал, облицовка, эффективность, геокомпозиты, бентонитовые маты

Keywords: impervious screen, channel, cladding, efficiency, geocomposites, bentonite mats

В последние годы в России обостряется проблема потребления пресной воды. Одним из крупных водопотребителей является орошаемое земледелие, где до 80 % используют воды поверхностного стока с последующей доставкой воды от водоисточника до орошаемого поля посредством каналов. Согласно Водной стратегии Российской Федерации, одними из основных факторов нерационального использования водных ресурсов являются применение устаревших производственных технологий и высокий уровень потерь воды при транспортировке, составляющих до 8 км³ в год. При этом более 4 км³ воды в год теряется только в орошаемом земледелии из-за низкого технического уровня и значительной степени износа гидротехнических сооружений (в том числе каналов гидромелиоративных систем).

Необходимо отметить, что запасы пресной воды не бесконечны и не так уж велики. Как отмечает проф. В. И. Данилов-Данильян [1], к 2025 г. половина населения Земли будет страдать от нехватки пресной воды. Поэтому важными вопросами на сегодняшний день являются экономия водных ресурсов, разработка и применение ресурсосберегающих технологий и материалов, в том числе при реконструкции каналов, осуществляющих транспортировку воды для целей питьевого водоснабжения, орошения, обводнения и др.

В Ростовской области насчитывается более 7 крупных каналов (Донской магистральный, Азовский, Верхне-Сальский, Багаевский и др.) общей протяженностью межхозяйственных сетей около 8000 км; противofильтрационные покрытия выполнены лишь на 10–15 % от общей протяженности. Расходы воды на участках магистральных каналов составляют 20–50 м³/с, а на одном из самых крупных на юге России – Донском магистральном канале (ДМК) – 80 м³/с, с его общей протяженностью 195 км [2].

Донской магистральный канал, построенный еще в 50-х гг. прошлого столетия, забирает воду из Цимлянского водохранилища (рассчитан на забор воды до 250 м³/с), которое, в частности, за 64 года эксплуатации до недавнего времени также испытывало проблемы с водой.

В связи с длительным сроком эксплуатации гидротехнических сооружений, составляющим от 40 до 65 лет, около 40 % каналов находятся в неудовлетворительном техническом состоянии и нуждаются в реконструкции, в то время как в удовлетворительном состоянии – только 5,8 % (рис. 1) [3]. Значительная фильтрация из каналов обуславливает, как правило, нежелательные последствия – подтопление, заболачивание и засоление прилегающих к каналам территорий, вплоть до вывода их из сельскохозяйственного использования, существует риск образования аварийных ситуаций [4, 5].

Выполненные в 2006 г. обследования показали, что за более чем 60-летний период эксплуатации сооружения участок русла ДМК значительно деформировался (рис. 2), что привело не только к интенсивной фильтрации, но и подтоплению прилегающих к каналу территорий.

Для снижения образования негативных явлений, повышения пропускной способности (до проектных 110 м³/с), обеспечения фильтрационной безопасности с 2006 г. в Ростовской области осуществлялась реконструкция участков ДМК, которая проводилась в рамках реализации Федеральной целевой программы «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006–2010 годы и на период до 2013 года». На участке ДМК (от ПК 3 + 00 до ПК 9 + 00, вторая

очередь) в 2013 г. в условиях пониженных температур и повышенной влажности (при инфильтрации воды в канал) [6] была проведена реконструкция канала с применением современных строительных материалов на основе минерального бентонита [7].

Конструкция применяемого покрытия [7] (рис. 3) содержит противофильтрационный элемент из водонепроницаемых геокомпозитных бентонитовых матов «Bentofix» (коэффициент фильтрации, по данным компаний-производителей, составляет 10⁻¹² м/с) и защитное покрытие из каменной наброски.

Проведенная реконструкция участка ДМК позволит увеличить пропускную способность до 110 м³/с, что в свою очередь приведет не только к увеличению орошаемых площадей, стабильному водоснабжению Орловского, Ремонтненского, Дубовского, Заветинского и Зимовнековского районов

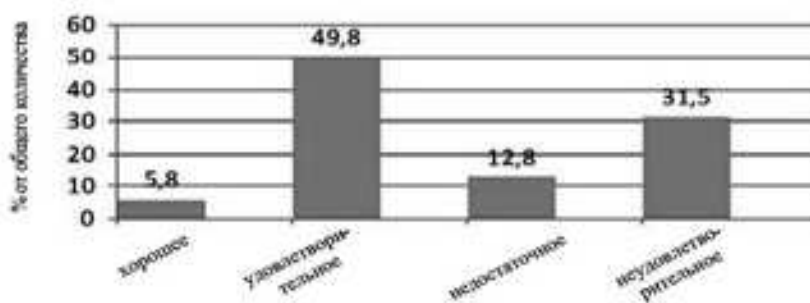


Рис. 1. Техническое состояние оросительных систем юга России



Рис. 2. Участок Донского магистрального канала до проведения реконструкции (дата проведения обследований – 08.12.2006 г.)

Ростовской области, но и позволит частично снизить минерализацию Манычских водохранилищ.

Участок ДМК после проведения реконструкции в 2013 г. с применением противофильтрационных геокomпозитных бентонитовых матов представлен на рис. 4.

Необходимо отметить, что благодаря принятию Федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» в последующем работы по реконструкции ДМК продолжаются, и в 2015–2017 гг. на участках, характеризующихся повышенной фильтрацией, также применялись геокomпозитные бентонитовые маты с защитным покрытием из каменной наброски. Всего, согласно ФЦП [8], только

в Южном федеральном округе планируется проведение комплекса мероприятий по реконструкции 10 магистральных и распределительных каналов, что в целом позволит предотвратить выбытие из оборота по Южному федеральному округу (согласно ФЦП [8]) около 220170 га сельскохозяйственных угодий.

Целью настоящих исследований являлась оценка эффективности выполненной конструкции противофильтрационного экрана на участке ДМК по следующим показателям: потери воды на фильтрацию, срок службы, сохранение (повышение) пропускной способности участка канала.

Для достижения поставленной цели было проведено предварительное технико-экономическое сравнение для трех вариантов устройства противофильтра-

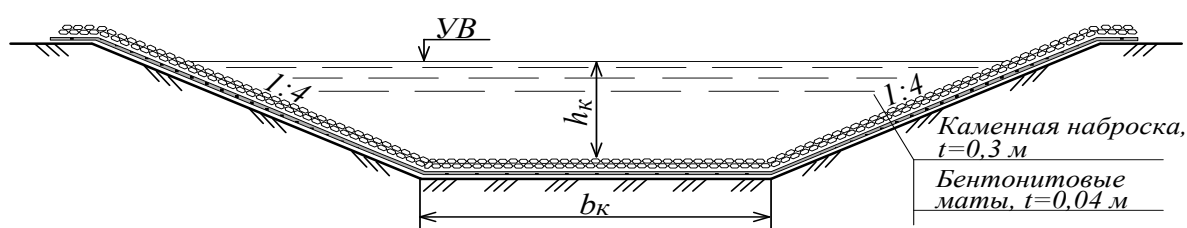


Рис. 3. Конструкция противофильтрационного экрана на участке реконструкции Донского магистрального канала:

h_k – глубина воды в канале, м; b_k – ширина канала по дну, м



Рис. 4. Участок Донского магистрального канала после проведения реконструкции (дата проведения обследований – 08.04.2014 г.)

Таблица 1

Технико-экономическое сравнение вариантов противофильтрационных покрытий

Технико-экономические показатели	Тип противофильтрационного экрана		
	из монолитного бетона (марки М-400)	из геокомпозита (геомембраны и двух слоев геотекстиля)	из геокомпозитных бентонитовых матов
Показатель долговечности (срок службы), лет	25	50	75
Показатель водонепроницаемости (коэффициент фильтрации), см/с	10^{-9}	10^{-8}	10^{-11}
Требования к толщине защитного покрытия, м	–	0,3	0,3
Средняя стоимость, руб./м ²	1670	310	295

Примечание. Средняя стоимость противофильтрационных покрытий дана по результатам обобщения цен на геосинтетические и геокомпозитные материалы различных (отечественных) компаний (на 3-й квартал 2017 г.), а также с учетом проведенных расчетов, включающих затраты на строительство 1 м² экрана.

ционного экрана (рассматриваемых до реконструкции участка канала) из следующих материалов: монолитного бетона, полимерной геомембраны (геокомпозита с двумя защитными прокладками из геотекстиля) и геокомпозитных бентонитовых матов (табл. 1).

При расчете стоимости 1 м² противофильтрационного экрана для геомембраны с защитными слоями из геотекстиля и для бентонитовых матов предусматривалось устройство защитного покрытия из габионов (толщиной 0,3 м). В расчете учитывались основные виды строительных работ, включающих планировку дна и откосов канала, устройство противофильтрационного экрана, устройство подстилающего слоя (для геомембраны и бентонитовых матов), а также работы по устройству защитного слоя.

Для теоретического обоснования противофильтрационной эффективности конструкции покрытия выполнялись исследования на основе метода электрогидродинамических аналогий (ЭГДА), с последующим сопоставлением фильтрационных потерь до и после реконструкции участка ДМК. Решение задачи производилось путем построения гидродинамической сетки движения фильтрационного потока. После того, как модель была изготовлена и соблюдены все необходимые граничные условия, приступили к решению фильтрационной задачи.

Для этого, задаваясь исходными данными, были произведены сравнительные расчеты для участка канала, выполненного до реконструкции в земляном русле и после – с облицовкой из геокомпозитных бентонитовых матов по нижеследующим формулам.

1. Определяем удельный фильтрационный расход (q_ϕ , м²/с) по гидродинамической сетке, приняв для расчета пояс равного напора (в данном примере – шестой) [9]:

$$q_\phi = k \cdot \Delta h \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\Delta l_i}{\Delta S_i}, \quad (1)$$

где k – коэффициент фильтрации, м/с; Δh – потери напора в пределах рассматриваемого пояса ($\Delta h =$

$(h_0 - \delta_0)/N$); N – количество поясов; Δl_i – высота криволинейного квадрата гидродинамической сетки; ΔS_i – средняя ширина криволинейного квадрата гидродинамической сетки; h_0 – действующий напор на облицовку, м [9].

2. Задаваясь исходными данными ($k = 1,5 \cdot 10^{-6}$ м/с, $\Delta h = 0,1 \times 10 = 1$ м), производим соответствующие расчеты:

$$q_\phi = 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot 1,0 \cdot \left(\frac{3,6}{3,6} + \frac{4,0}{3,5} + \frac{3,5}{7,7} + \frac{3,9}{3,4} + \frac{3,0}{3,0} + \frac{3,0}{3,0} + \frac{3,0}{3,4} + \frac{3,5}{7,7} + \frac{4,0}{3,5} + \frac{3,6}{3,6} \right) = 1,48 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}.$$

3. Удельный фильтрационный расход (q , м²/с) на глубине (T , м) определяем по формуле

$$q = k(B + 2h_0), \quad (2)$$

где B – ширина канала по дну, м.

Таким образом, удельный фильтрационный расход будет равен:

$$q = 1,5 \cdot 10^{-6} (67 + 2 \times 6,2) = 1,19 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Полученное значение удельного фильтрационного расхода на глубине T примерно совпадает с его значением по гидродинамической сетке для выделенного пояса равного давления в пределах точности ее построения ($q = 1,19 \cdot 10^{-5} \approx 1,48 \cdot 10^{-5}$ м²/с).

4. Вычисляем максимальные ($V_{\max}$, м/с) и минимальные ($V_{\min}$, м/с) скорости фильтрации [9]:

$$V_{\max} = kJ = -k \frac{\Delta h}{\Delta S_m}, \quad (3)$$

где Δh – расстояние между линиями равного напора, м; ΔS_m – расстояние между линиями тока, м.

Находим максимальные и минимальные скорости фильтрации в точках 2, 3 и 1, 4:

$$V_{\max} = V_{2,3} = -1,5 \cdot 10^{-5} \frac{10}{3,0} = -0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м/с},$$

$$V_{\min} = V_{1,4} = -1,5 \cdot 10^{-5} \frac{10}{3,5} = -0,4 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}.$$

5. Определяем потери воды при фильтрации (Q_{ϕ} , м²/с) из канала по формуле В.В. Ведерникова при условии $B/h_0 = 4,5/1,0 = 4,5 > 4,0$:

$$Q_{\phi} = 0,0116k(B+Ah_0) \quad (4)$$

Задавая исходными данными, получаем:

$$Q_{\phi} = 0,0116 \times 0,130(67+2,4 \times 6,2) = 0,123 \text{ м/с.}$$

6. Определяем удельный фильтрационный расход (q , м²/с):

$$q = Q_{\phi}/1000 = 0,123/1000 = 1,23 \times 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с.} \quad (5)$$

Полученное значение удельного фильтрационного расхода по расчетной формуле (5) совпадает со значением по гидродинамической сетке в пределах точности построения ($q = 1,23 \times 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с} \approx 1,48 \times 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$).

7. Для расчета фильтрации из канала с защитным противофильтрационным покрытием используем зависимость

$$\frac{k}{k_{\text{обл}}} > \frac{h_0 + \delta_0 + H_k}{\delta_0}, \quad (6)$$

где $k_{\text{обл}} = 1,1 \times 10^{-11}$ – коэффициент фильтрации противофильтрационного покрытия (облицовки), см/с; h_0 – глубина воды в канале, м; δ_0 – толщина защитного покрытия, м; $H_k = 1,0$ – величина капиллярного вакуума, м.

Подставляя исходные данные, получаем:

$$\frac{1,5 \cdot 10^{-4}}{1,0 \cdot 10^{-11}} > \frac{5,0 + 0,03 + 1,0}{0,03} = 1,5^7 > 14,3 \text{ м}^2/\text{с.}$$

8. Удельные потери воды на фильтрацию ($q_{\text{обл}}$, м²/с) из канала с противофильтрационным покрытием, для сравнения, определяем по формуле Н.Н. Веригина [10]:

$$q_{\text{обл}} = k_{\text{обл}} \left[\frac{b(h_0 + \delta)}{\delta_0} + 2m_0 \cdot h_0 + \frac{h_0^2}{\delta_0^2} \sqrt{1 + m_0^2} \right]. \quad (7)$$

В нашем случае получаем:

$$q_{\text{обл}} = 1,0 \cdot 10^{-11} \left[\frac{27(5,0 + 0,03)}{0,03} + 2 \cdot 0,25 \cdot 5,0 + \frac{5,0}{0,03} \sqrt{1 + 0,25^2} \right] = 9,0 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с.}$$

Сопоставляя удельные потери воды при фильтрации на участке ДМК до реконструкции из земляного русла с потерями из облицованного канала (после реконструкции), определяем эффективность устройства противофильтрационного экрана из геокомпозитных бентонитовых матов:

$$\Xi = \frac{q}{q_{\text{макс}}} = \frac{1,48 \cdot 10^{-5}}{9,0 \cdot 10^{-12}} = 1,64 \cdot 10^6.$$

Таким образом, применение противофильтрационного экрана из бентонитовых матов на участке ДМК обеспечивает повышенную эффективность и надежность, а также снижение потерь воды на фильтрацию в $1,64 \times 10^6$ раз по сравнению с вариантом до проведения реконструкции.

На основе проведенной работы по оценке эффективности конструкции противофильтрационного экрана из геокомпозитных бентонитовых матов и защитного покрытия из каменной наброски на участке ДМК можно сделать следующие **выводы**:

1. Полученные результаты на основании моделирования с использованием метода электрогидродинамических аналогий и последующие расчеты подтвердили эффективность использования конструкции противофильтрационного экрана из геокомпозитных бентонитовых матов, что в дальнейшем позволит обеспечить высокий противофильтрационный эффект (с коэффициентом фильтрации 10^{-11} – 10^{-12} м/с) и значительный срок службы (прогнозный срок службы 70 лет и более).

2. Выполненные натурные обследования реконструируемого участка ДМК с противофильтрационным экраном из бентонитовых матов показали, что на облицовке канала отсутствуют какие-либо повреждения, деформации откосов или сползание защитного покрытия. Вблизи канала подтопление и заболачивание прилегающих территорий не наблюдается.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Потребление воды. Экологический, экономический, социальный и политический аспекты / Российская академия наук, Институт водных проблем. М., 2006. 221 с.
2. Косиченко Ю.М. Исследования фильтрационных потерь из каналов оросительных систем // Мелиорация и водное хозяйство. 2006. № 6. С. 24–25.
3. Косиченко Ю.М., Сенчуков Г.А., Капустян А.С. Состояние и пути повышения технического уровня оросительных систем на юге России [Электронный ресурс] // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2011. № 4 (04). 11 с. Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=57&id=75> (дата обращения: 17.08.2017).
4. Бальзанников М.И., Родионов М.В., Селиверстов В.А. Повышение экологической безопасности эксплуатируемых грунтовых гидротехнических сооружений // Градостроительство и архитектура. 2011. № 1. С. 100–105. DOI: 10.17673/Vestnik.2011.01.20.
5. Бальзанников М.И., Михасек А.А. Применение быстротвердеющих веществ для формирования противофильтрационных элементов в плотинах из каменных материалов // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 3. С. 48–53.

6. *Перелыгин А.И., Белов А.В.* Об эксплуатации крупных каналов в условиях реконструкции // Гидротехника. 2014. № 2 (35). С. 50–51.

7. *Косиченко Ю.М., Баев О.А.* Противофильтрационные покрытия из геосинтетических материалов: монография. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. 239 с.

8. Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» (утв. постановлением Правительства РФ от 12 октября 2013 г. № 922). Система ГАРАНТ: <http://base.garant.ru> (дата обращения: 20.08.2017).

9. *Ищенко А.В.* Повышение эффективности и надежности противофильтрационных облицовок оросительных каналов: монография // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2006. 211 с.

10. *Веригин Н.Н.* Методы фильтрационных расчетов гидромелиоративных систем / под ред. Н.Н. Веригина. М.: Колос, 1970. 439 с.

Об авторах:

ИЩЕНКО Александр Васильевич

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры водоснабжения и использования водных ресурсов Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А. К. Кортунова
Филиал Донского государственного аграрного университета
346428, Россия, Ростовская область, г. Новочеркасск,
ул. Пушкинская, 111,
тел. 8 (8635) 22-26-96
Email: reknqma@mail.ru

ISHCHENKO Aleksandr V.

Doctor of Engineering Science, Professor of the Water Supply and Utilization of Water Resources Chair
Novocherkassk engineering and land reclamation
Institute named after A. K. Kortunov, branch of the Don State Agrarian University
346428, Russia, Rostov Region, Novocherkassk,
Pushkinskaya str., 111,
tel. 8 (8635) 22-26-96
Email: reknqma@mail.ru

БАЕВ Олег Андреевич

кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела гидротехнических сооружений и гидравлики Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации
346421, Россия, Ростовская область, г. Новочеркасск,
пр. Баклановский, 190,
тел. 8 (8635) 26-91-07
Email: Oleg-Baev1@yandex.ru

BAEV Oleg A.

PhD in Engineering Science, Senior Researcher of the Hydraulic Structures and Hydraulics Department
Russian Research Institute of Land Reclamation Problems
346421, Russia, Rostov region, Novocherkassk,
Baklanovsky Ave., 190,
tel. 8 (8635) 26-91-07
Email: Oleg-Baev1@yandex.ru

Для цитирования: *Ищенко А.В., Баев О.А.* Оценка эффективности противофильтрационного экрана на Донском магистральном канале // Градостроительство и архитектура. 2017. Т. 7, №4. С. 67-72. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.11.
For citation: *Ishchenko A.V., Baev O.A.* Estimation of efficiency of impervious screen at the Don main channel // Urban Construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 67-72. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.11.

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

УДК 72.01

DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.12

А.О. ГЕОРГИЕВСКАЯ

РАЗВИТИЕ УРБАНИСТИЧЕСКОЙ ТИПОЛОГИИ ИТАЛЬЯНСКИХ РЫНКОВ В КОНТЕКСТЕ ЛОКАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ

DEVELOPMENT OF URBAN TYPOLOGY OF TALIAN MARKETS IN THE CONTEXT
OF LOCAL FEATURES

Целью работы является выявление типологии итальянских рынков в условиях градостроительного контекста. На основе междисциплинарных исследований и авторских наблюдений в работе рассмотрены ключевые факторы, влияющие на востребованность, функционирование и расположение рынков Италии в городской структуре. При анализе учитываются культурные, исторические и экономические особенности развития типологии, в том числе интеграция в городские уклады через режим работы итальянских рынков. Результаты исследования позволят понять идентичность итальянских рынков, а также провести параллели с российскими.

The purpose of the paper is to identify the typology of Italian markets in the urban context. On the basis of interdisciplinary research and the author's observations the paper considers the key factors influencing the relevance, functioning and location of Italian markets in the urban structure. The analysis takes into account cultural, historical and economic features of the development of the typology, including the integration into the urban lifestyle through the working time of Italian markets. The results of the study allow us to understand the identity of Italian markets and to draw parallels with the Russian ones.

Ключевые слова: рынок, типология рынков, функции, градостроительный контекст, идентичность, еда, гастрономический туризм

Keywords: market, marketplace, typology of the markets, functions, urban context, identity, food, gastronomic tourism

Сегодня традиционные городские рынки все чаще становятся предметом изучения социологов, антропологов и экономистов. Все они сходятся во мнении, что рынки – ключевые места для наблюдения за общественным взаимодействием, общественным пространством, где люди встречаются, передают и получают информацию. Это место ведения бизнеса людей разных вероисповеданий и статуса. Место, где поддерживаются локальные социальные отношения и традиции. В условиях постоянно меняющихся новых форм торговли рынок нельзя отнести к самому экономически эффективному типу [1]. Но есть нечто ценное за рамками прибыли: отражение местного городского контекста, культурный и социальный опыт.

На стыке городского ландшафта, экономических, климатических и культурных особенностей образуются новые архитектурные типологии рынков, характерные для той или иной местности. В рамках этой статьи в качестве территории исследования была выбрана Италия. Авторские натурные наблюдения совместно с результатами междисциплинарных исследований городских итальянских рынков дают полную картину о развитии типологии. На

протяжении всей истории рынок был неотъемлемой частью развития городской структуры. Именно еда определяла устройство городов особенно в доиндустриальный период: в городском центре располагался рынок, а дороги соединяли места поставок, хранения и потребления. Таким образом, это был инструмент, упорядочивающий и оживляющий городскую среду [2]. Благодаря такой яркой выраженности связи с городской структурой сформировалась типология рынков, что наиболее характерно для рынков Италии.

Многие страны пытаются выйти на путь развития системы городских рынков. Канада, США и Россия только в самом начале этого пути. Но Италия не прерывала традиций. Поэтому рынки выглядят как нечто совершенно естественное и органичное, как часть местной культуры и укладов. Все это было заложено еще во времена Римской империи и сохранено до сегодняшнего момента: современные итальянские рынки являются ярким примером успешного функционирования. В этом контексте Италия как объект исследования представляется наиболее интересной.



Рис. 1. Типы фермерских хозяйств в пригородах Милана, Рима и Неаполя [5]

Рынок неотделим от окрестностей. И прежде чем рассмотреть архитектурные типологии, нужно понимать причины, по которым рынки Италии до сих пор востребованы. Одна из них – высокий процент местного производства. С эпохи Древнего Рима возделываемые земли вокруг (*ager*) считались частью города (*cicitas*). Поэтому сельскохозяйственные территории имели большое значение в развитии экономики и торговли [2–4]. Несмотря на глобальные процессы, конечно оказавшие некоторую степень влияния, итальянские рынки остаются связанными с местными фермерскими хозяйствами. Экономисты Roberto Henke и Francesco Vanni в своей работе “*Peri-urban agriculture: an analysis of farm typologies in Italy*” выделяют три типа ведения небольших фермерских хозяйств: традиционные (включены в городской обмен без изменений), адаптивные (реагирующие на процессы урбанизации) и реакционные (использующие новые возможности) (рис. 1). В работе рассмотрены области Рима, Милана и Неаполя. Каждая область насчитывает 4572, 2355 и 14005 фермерских хозяйств соответственно. Roberto Henke и Francesco Vanni обозначают новые возможности улучшения работы между всеми субъектами: фермерами, рынками, покупателями и государством [5]. Исследование демонстрирует уже существующую связь между городом и сельским хозяйством, а также определяет пути достижения еще более тесного взаимодействия.

Итогом работ в данном направлении становятся рынки, обеспеченные регулярными поставками свежих местных продуктов. Они, как и прежде, остаются первичными символическими местами обмена. Товары излучают целый ряд цветов, текстур и ароматов, притягательных как для местных жителей, так и для туристов.

Анализ типологий итальянских рынков выявил 5 основных типов.

Крытый рынок. Здесь можно выделить два подтипа: крытый рынок, ориентированный только на гастрономическую функцию, и крытый рынок, совмещенный с различными дополнительными функциями. Одни из самых ярких примеров итальянских гастрономических рынков: Mercato Centrale и Mercato di Sant’Ambrogio во Флоренции. Их ключевая особенность – расположение в границах исторического центра. Исследование показало, что рынки, расположенные в историческом центре, не многофункциональны, так как урбанистическая ткань вокруг и без того очень насыщена и разнообразна. Из дополнительных функций – только рестораны, кафе и паркинг.

Антрополог Rachel E. Black, специализирующаяся на итальянских рынках, отмечает, что гастрономический опыт является неотъемлемой частью рыночной культуры. Приготовление пищи – важный социальный аспект. Необходимо продвижение рыночного пространства как места для межкультурной кухни, межкультурной коммуникации и гастрономического туризма [1]. Многие итальянские города являются лучшими мировыми примерами в области гастротуризма. В частности, Флоренция и Mercato Centrale. Рынок был построен в 1874 г. и реконструирован в 2014 г. На первом этаже расположен продуктовый рынок, а второй и третий этажи заняты ресторанным комплексом с множеством закусочных и кафе. Кроме того, по определенным дням здесь проходят кулинарные мастер-классы с местными шеф-поварами.

Часто торговля не ограничивается зданием рынка, а выходит за его пределы [6,7]. Например, по периметру крытого рынка Sant’Ambrogio размещены несколько навесов, под которыми в будни торгуют свежими овощами, а по выходным антиквариатом (рис. 2, а). Напротив рынка Sant’Ambrogio почти



Рис. 2. Временная торговля у крытых рынков Mercato Centrale и Sant' Ambrogio

каждый день работает антикварный рынок Mercato Delle Pulci. Улица Via dell' Ariento, ведущая к Mercato Centrale, также заполнена торговыми платками с изделиями из кожи, одеждой и сувенирами (рис.2, б). Таким образом, условные границы рынка расширяются, занимая подходящее для этого пространство.

Подтип, крытый рынок, совмещенный с различными дополнительными функциями, как правило, располагается на периферии. Окружение в отдаленных жилых районах менее концентрировано и беднее по своему наполнению, поэтому рынки совмещены с культурной, административной и другими функциями. Восполняя недостаток пространства для общественного взаимодействия, такие рынки становятся местным социальным центром. Кроме того, лишённые туристического потока, они вынуждены конкурировать с гипермаркетами – многофункциональность выступает как способ привлечения покупателей. В качестве примера можно привести Mercato Trionfale, совмещенный с офисным центром, а также новый рынок Mercato Testaccio, который расположен в районе Testaccio и делит территорию с Центром занятости населения, археологическими раскопками и музеем, с кафе.

Рыночная площадь. Концентрация рыночных площадей в исторических центрах итальянских го-

родов выше, чем на периферии, где есть возможности для строительства крытых рынков, соответственно в центре они более разнообразны: продуктовые, книжные, антикварные, блошинные и сувенирные.

Самый популярный и излюбленный рынок для местных жителей Рима – площадь Campo de' Fiori. Она стала торговой лишь с XV в. (рис. 3, а). Изначально здесь устраивался рынок лошадей. Только в 1858 г. после увеличения площади за счет сноса нескольких кварталов здесь разместился ежедневный рыбный и овощной рынок [8]. Сегодня площадь известна статуей Джордано Бруно, продажей одежды и цветов, а также самых свежих фермерских продуктов, которые можно найти в историческом центре. Книжный рынок Fontanella Borghese market (рис. 3, б) расположен на Piazza Borghese возле архитектурного университета. Он представляет собой рассредоточенные по площади капитальные металлические павильоны, поэтому рынок работает каждый день, кроме воскресенья, с утра и до вечера. Из множества блошиных и антикварных рынков можно выделить Mercato Delle Pulci во Флоренции. Это регулярный рынок с изобилием антикварной мебели и одежды.

Рыночная улица. Типология линейного рынка в Италии представлена в нескольких вариациях в зависимости от градостроительного контекста. Рынок



Рис. 3. Площадь Campo de' Fiori и книжный рынок на Piazza Borghese

может занимать всю улицу, включая проезжую часть и тротуары с обеих сторон, как Porta Portese, самый известный европейский блошинный рынок. Он популярен своими воскресными распродажами и огромным выбором товаров. Рынок Porta Portese начинается от древнеримских ворот, построенных в 1644 г. [9], и заканчивается за несколько сотен метров, иногда занимая несколько улиц. Mercato di Via Sannio, вещевой рынок в районе Basilica di San Giovanni, располагается только с одной стороны от проезжей части. В отличие от Porta Portese, он работает каждый день, кроме воскресенья. Книжный и арт-рынок Piazza Adriana расположен вдоль набережной реки Тибр. Линейные итальянские рынки могут носить как временный характер, так и регулярный.

Лоджия. Лоджии, используемые как рынок, являются характерной особенностью Италии. Изначально – это архитектурный элемент, но к XVI в. лоджии были выделены в качестве самостоятельного объекта. По историческому центру Флоренции сосредоточены торговые лоджии нескольких видов: одноэтажные и двухэтажные с дополнительными функциями на вторых этажах. Все они так или иначе примыкают к площадям или крытым рынкам. Это отражение эпохи Возрождения, когда происходила специализация площадей на торговые и площади для собраний [10]. Во Флоренции торговая функция перемещалась в пространство лоджии, освобождая площадь для административных целей. Лоджия Mercato Nuovo была построена между 1547 и 1551 гг. (рис. 4, а). Первоначально здесь продавались шелка, драгоценные предметы и знаменитые флорентийские соломенные шляпы [11]. Сейчас это популярное туристическое место, где продают изделия из кожи и сувениры. Еще одна одноэтажная лоджия – Fish's Lodge (рис. 4, б) была построена для продажи рыбы, но сейчас используется только по выходным в качестве блошиного рынка.

Типологию двухэтажных лоджий можно рассмотреть на примере Loggia del Grano, которая была построена в 1619 г. Продуктовые магазины и склады зерна были расположены на верхних этажах над портиком. На первом этаже под аркадами находился рынок пшеницы и различных зерновых культур, который функционировал на протяжении всех рабочих дней. Но к 1690 г. лоджия утратила свою роль зернохранилища и использовалась для различных целей: здесь находилась типография и штаб-квартира газеты *Monitore Toscano*, потом снова рынок, затем кинотеатр и даже ресторан [12]. Сейчас, как и в Mercato Nuovo, здесь торгуют изделиями из кожи.

Рыночный район. Рынок Rialto с его окрестностями – самый яркий пример организации рыночного района в Италии (рис. 5). Rialto на протяжении многих веков был финансовым и коммерческим центром Венеции. В XV в. в городе было всего несколько важных рынков, за исключением небольших. В первую субботу – рынок на Campo San Polo, во вторую субботу – на Piazza San Marco и в третью – у San Giovanni в Bragora. Но Rialto оставался самым значимым торговым местом.

С 1514 по 1521 гг. из-за пожара была проведена реконструкция всей территории района Rialto. Архитектор Antonio Abbondi работал над проектом рыночного района, соблюдая четкое зонирование и правила безопасности [13]. Быстро портящиеся и производящие много отходов товары, такие как рыба, фрукты или овощи были размещены вдоль каналов. Золото, серебро и специи продавали на мосту Rialto. Для торговли тканью и шелком были выделены отдельные палаццо внутри кварталов. Финансовые операции проводились у Campo S. Giacomo dell'Orto. Государственное управление располагалось на верхних этажах палаццо и лоджий. В районе не велась ремесленная или промышленная деятельность, а исключительно торговля [14].

а



б



Рис. 4. Fish's Lodge и Loggia del Mercato Nuovo



Рис. 5. Рыночный район Rialto в Венеции

Обширная территория рынка занимает несколько кварталов и площадей, включая площадь Campo Beccarie с продажей сувениров, две лоджии рыбного рынка Rialto, площади Campo della Pescaria и Campo Cesare Battisti, где сегодня торгуют овощами и фруктами, площадь Campo Erberia с ресторанами и кафе, площадь Campo San Giacomo и мост Rialto. Некоторые из площадей и лоджий поменяли свое назначение, но основные рациональные решения, заложенные проектом Antonio Abbondi, сохранились.

Важная особенность итальянских рынков – это интеграция в сложившиеся городские уклады. Рынок становится неотъемлемой частью быта и культуры людей разного социального статуса, разных профессиональных сфер и интересов. Авторские наблюдения за рынками различных типов помогли зафиксировать характер их использования в разные дневные часы. Как правило, продуктовые рынки Рима, Флоренции и Венеции работают каждый день, кроме воскресенья, с 6 утра до 2 часов дня. Рано утром закупаются рестораторы и местные жители, к обеду поток увеличивается за счет туристов или людей, пришедших пообе-

дать в кафе. Конечно, местная итальянская кухня, культура и архитектура рынков обеспечивают регулярный туристический поток. Нетуристические рынки на окраинах используются также активно, но за счет локальных социальных связей и дополнительных функций.

Выводы. Пример Италии показывает, что, несмотря на существование крупномасштабных торговых сетей, рынок и его различные типологии актуальны и конкурентоспособны. Социальный и культурный аспекты являются сильнейшими преимуществами. Локальные особенности диктуют архитектурные формы и характер функционирования рынков. Но главное – существование налаженной системы снабжения, обеспечивающей качественные, свежие продукты на прилавках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Black R.E. Porta Palazzo: Anthropology of an Italian Market // University of Pennsylvania Press, 2012. 232 с.
2. Стил К. Голодный город: Как еда определяет нашу жизнь. М.: Strelka Press, 2014. 456 с.

3. Бродель Ф. Материальная цивилизация, экономика и капитализм. XV-XVIII вв. Т. 1. Структуры повседневности: возможное и невозможное. М.: Прогресс, 1986. 623 с.

4. Бродель Ф. Материальная цивилизация, экономика и капитализм. XV-XVIII вв. Т. 2. Игры обмена. М.: Прогресс, 1988. 634 с.

5. Henke R. and Vanni F. Patterns of peri-urban agriculture in Italy. Inea - Istituto Nazionale di economia Agraria // [Электронный ресурс] https://www.researchgate.net/profile/Francesco_Vanni (дата обращения: 13.10.2017).

6. Casson M. and Lee J.S. The Origin and Development of Markets: A Business History Perspective. Business History Review 85. Spring 2011: 9–37.

7. Castilhos R. Researching the Post-Industrial City: Assessing the Relations Between Space, Markets, and Society in Urban Places. Unisinos Business School, in NA - Advances in Consumer Research Volume 43, eds. Kristin Diehl and Carolyn Yoon, Duluth, MN : Association for Consumer Research, 2015. С. 329–334.

8. Campo de' Fiori // [Электронный ресурс] https://en.wikipedia.org/wiki/Campo_de%27_Fiori (дата обращения: 15.10.2017).

9. Porta Portese // [Электронный ресурс] https://it.wikipedia.org/wiki/Porta_Portese (дата обращения: 15.10.2017).

10. Бунин А.В., Саваренская Т.Ф. История градостроительного искусства. Градостроительство рабовладельческого строя и феодализма. Т.1. М.: Стройиздат, 1979. 496 с.

11. Loggia del Mercato Nuovo // [Электронный ресурс] http://it.wikipedia.org/wiki/Loggia_del_Mercato_Nuovo (дата обращения: 15.10.2017).

12. Loggia del Grano // [Электронный ресурс] http://it.wikipedia.org/wiki/Loggia_del_Grano (дата обращения: 15.10.2017).

13. Antonio Abbondi // [Электронный ресурс] https://de.wikipedia.org/wiki/Antonio_Abbondi (дата обращения: 16.10.2017).

14. Mercato di Rialto // [Электронный ресурс] https://de.wikipedia.org/wiki/Mercato_di_Rialto (дата обращения: 16.10.2017).

Об авторе:

ГЕОРГИЕВСКАЯ Алина Олеговна

аспирант
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194
E-mail: georgievskaya.a@gmail.com

GEORGIEVSKAYA Alina O.

Post-graduate Student of the Town Planning Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194
E-mail: georgievskaya.a@gmail.com

Для цитирования: Георгиевская А.О. Развитие урбанистической типологии итальянских рынков в контексте локальных особенностей // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 73-78. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.12.

For citation: Georgievskaya A.O. Development of urban typology of Italian markets in the context of local features // Urban construction and architecture. 2017. V. 7, 4. Pp. 73-78. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.12.

Э.В. ДАНИЛОВА

АРХИТЕКТУРНЫЕ ТРАКТАТЫ ВОЗРОЖДЕНИЯ

THE RENAISSANCE ARCHITECTURAL TREATISES

Статья посвящена архитектурной теории, созданной в эпоху Возрождения. В этот период впервые после Античности была создана и разработана классическая теория архитектуры, которая до сегодняшнего дня во многом определяет современную теорию. Именно в архитектурной теории Возрождения были разработаны отдельные разделы, которые со временем превратились в отдельные направления и сохраняют свою автономию и сегодня. В статье рассматриваются особенности исторической эволюции архитектурной теории в XV–XVI вв., анализируются теоретические вклады авторов теории в темы, которые являются общими для всех трактатов. Делается вывод о константах теории архитектуры, определяющих ее смысл и структуру вне зависимости от особенностей исторических периодов.

Ключевые слова: Альберти, Филарете, ди Джорджо, Катанео, Серлио, Палладио, теория архитектуры, гуманизм

Архитектурное наследие эпохи Возрождения представляет собой одну из вершин человеческой деятельности и золотой фонд архитектуры. Кроме великих архитектурных объектов, к наследию также относится собрание архитектурных трактатов, лучшие из которых до сих пор являются настольными книгами архитекторов, как, например, «Четыре книги об архитектуре» Андреа Палладио. Интерес к трактатам сегодня не является исключительно археологическим. Трактаты, написанные во временной промежуток в полтора столетия, показывают, как формировалось и развивалось архитектурное мышление в эпоху Возрождения. Особенность Возрождения заключается в том, что на самом деле все то, что сегодня представляется нам канон, рождалось без образцов, без прямых прототипов. Все авторы теории были архитекторами. Процесс собирания теории в виде трактатов был аналогичен сборке руин – исследованию и реконструкции античного ордера. Ничто не дошло до Возрождения в целостном и нетронутom виде. Только тщательно комбинируя раздельные фрагменты, можно было представить себе общий вид и понять структуру отдельного элемента или объекта. Очевидно, что то общее, которое давало направление процессу сборки руин и фрагментарных открытий, исходило из трактата Витрувия, но не только этот факт отвечает за интенсивный поток теоретических работ в архитектуре. Как пишет Алина Пейн, «переработка фрагмента внутри другого контекста означала развитие упорядочивающего критерия, теоретического пространства, которое обращалось к нему, и, естественно, словаря» [1].

The article is devoted to the architectural theory created in the Renaissance. During this period, for the first time since Antiquity, a classical theory of architecture was created and developed, which until today largely determines modern theory. In the architectural theory of the Renaissance separate sections were developed, which eventually turned into separate directions, and retain their autonomy today. The article deals with the features of the historical evolution of architectural theory in the 15th–16th centuries, the theoretical contributions of the authors of the theory and topics that are common to all treatises are analyzed. The conclusion is made about the constants of the theory of architecture that determine its meaning and structure, regardless of the features of historical periods.

Keywords: Alberti, Filarete, di Giorgio, Cataneo, Serlio, Palladio, theory of architecture, humanism

И действительно, если античные тексты могли циркулировать внутри круга гуманистов, возрождение античного архитектурного ордера происходило на глазах у разнородной публики, которая должна была принять новое. Введение античности происходило не в стерильных лабораторных условиях, но в широком социальном и урбанистическом контексте. Новые формы, которые буквально вырастали из урбанистического окружения или появлялись как новые элементы средневековых форм, нуждались в обосновании, которое должно было быть доступно различным адресатам – патронам, профессионалам, строителям. Единственная нормативная теория была исключена, скорее жизнь требовала множества теорий и обоснований, начиная от устройства города и его защиты в военных действиях до устройства ордера и его адаптации к новым типологиям, развитым в эпоху Возрождения. Таким образом, разные авторы делали акцент на разных аспектах в зависимости от того контекста, с которым они сталкивались в своей работе. Первая теоретическая работа «Десять книг о зодчестве» [2] Леона Баттиста Альберти (1404–1472) датируется серединой Кватроченто – 1450 г. К этому времени купол Филиппо Брунеллески уже увенчал церковь Санта Мария Фьоре во Флоренции; Воспитательный дом, Сакристия Сан-Лоренцо и капелла Пацци были построены. Сам Альберти уже начал работы над церковью Сан-Франческо и палаццо Ручеллаи. Архитектор Возрождения вышел из оков средневековых гильдий и превратился в профессионала архитектора. Тем не менее социальный статус архитектора оставался сомнительным и не-

определённым. Границы профессии были размыты и не существовало архитектурного образования. Трактат Витрувия [3] был в ходу среди гуманистов, и античность Рима была уже открыта заново Брунеллески и Донателло, но рождающаяся заново профессия свободного архитектора нуждалась во введении, которое должно было быть артикулировано и транслировано прежде всего в мир заказчиков и патронов.

Кроме того, уже существовал бесценный опыт перспективного построения, который должен был быть теоретически закреплён не только ради передачи опыта, но и ради установления нового знания, переводившего архитектуру из ремесла в науку. Известно, что Лоренцо Гиберти создал первую попытку творческой автобиографии, в которой попытался сформулировать основы нового знания – перспективы. Традиция же художественных мастерских, откуда вышла большая часть архитекторов Возрождения, основывалась на устной передаче основ мастерства и постепенного практического введения в профессию. Новое знание перспективы изменило не только характер изображения, но представило новую концептуальную модель картины мира. В перспективе все было подчинено единой точке схода, выбор которой зависел от художника. Заново открытая после Античности концептуальная целостность, состоящая из соподчиненных частей, была очевидна в перспективном построении и представляла контраст с тем разнородным и фрагментарным окружением, которое было сформировано в Средние века. Открытие композиции Мазаччо, рельефы Лука делла Роббиа и, наконец, архитектура Брунеллески демонстрировали новый творческий метод, основанный на принципах перспективы. Альберти, гуманист с университетским образованием, литератор и исследователь, стал автором трактата о живописи, который открывал возможность научного описания всего то, что, как и архитектура, прежде оставалось за пределами благородных свободных искусств. Найденные в трактате теоретические объяснения формы через геометрию и принципы композиции стали основами построения картины мира и создания мира как новой целостности. Альберти превращается в архитектора, способного проектировать новое целое, и после практического опыта и исследования пишет трактат об архитектуре.

«Десять книг о зодчестве» были написаны после десятилетия архитектурного исследования и обосновывали архитектурную практику самого Альберти в первую очередь. Спустя полторы тысячи лет после Витрувия Альберти определяет роль архитектора в обществе, очерчивает границы дисциплины, определяет необходимый набор знаний и степень их глубины. Принцип архитектурного знания – это синтез составляющих его частей, среди которых наиболее значимыми для Альберти являются живопись, оперирующая изображением и композицией, и математика, отвечающая за числовую идею пространства и формы. Ключевое качество архитектора и создаваемой

им архитектуры – достоинство. Место действия и главный объект архитектуры, как и в трактате Витрувия, – город. Устройство городов влечет за собой создание коммуникаций и объектов, состоящих из различных частей. Таким образом, структура дома подобна структуре города, а город подобен дому, в котором есть главные пространства и объекты, расположенные в соответствии с иерархией значимости и доступа. Миростроительство в целом аналогично органической природе, в которой все взаимосвязано между собой, но существует в логической системе частей, соподчиненных общему назначению, замыслу или идее.

Трактат строится на трех основных частях – материалы, типология объектов и красота. Материал указывает на реальное пространство и конкретную характеристику среды, в которых действует архитектор и, таким образом, определяет специфику архитектуры и ее отличие от живописи и скульптуры. Типология ответственна за другое качество – пространственное распределение в соответствии с пользой или функциональным назначением. Здесь архитектор явно предстает в сознании Возрождения как творец, выходящий за рамки строительного ремесла. Именно архитектор определяет взаимосвязь пространственных единиц, определяемых своим назначением, и их общую композицию, подобно истории, которую komponует живописец. Если в живописи история – это сюжетная основа многофигурной композиции, то в архитектуре история – это не просто функциональная программа, но общий замысел миростроительства, и этот замысел и есть работа архитектора, одновременно наделяющая его не только ответственностью, но и широкими полномочиями. Это было чрезвычайно важно для архитектуры. Третья часть в трактате Альберти является самой развернутой, поскольку архитектура в представлении эпохи Возрождения – это не только польза и прочность, но прежде и после всего – красота, реализующая гармонию мира. Альберти разделяет это понятие на красоту органическую и красоту привнесенную, созданную человеком. В основе красоты лежит не только ордерная система и геометрическая концепция, но и общая композиция, в которой гармония достигается соотношением назначения пространства и его формы, а также пропорциональностью всех частей. Красота архитектурная в понимании Альберти предстает тем формально-интеллектуальным слоем, который накладывается на проектируемую картину мира и приводит ее в совершенную гармонию, подобно инструменту «завеса», который использовался при построении перспективы. Трактат Альберти продолжил развитие тем Витрувия, сместив акценты в соответствии с требованиями эпохи. Вновь оказались в фокусе статус архитектора, границы архитектуры, город, принципы построения пространства и методы создания красоты. Трактат оказался синтетическим ассамбляжем, вместив все возможные на тот момент знания. Трактат не имел иллюстраций, но сам текст был подобен многофигурной композиции, в которой слово заменяло изображение.

Альберти установил интеллектуальный каркас архитектуры, и для всех последующих авторов он так или иначе служил точкой отсчета, как и трактат Витрувия.

Второй после Альберти трактат об архитектуре Антонио Аверлино (Филарете) [4] был написан в жанре диалога. Филарете (1400-1465) поднимает те же вопросы о статусе архитектора и роли архитектуры. Но сам Филарете, который вполне мог быть героем авантюрного романа, судя по темным местам его биографии, отнюдь не кабинетный ученый, каким в большей степени был Альберти. Трактат наполнен страстью архитектора, желающего реализовать себя в самой полной мере. Филарете изобретает первый идеальный город Сфорцинда, посвященный герцогу Миланскому, у которого он состоял на службе. Вокруг строительства идеального города и строится весь сюжет трактата. Все имеющиеся знания и собственные фантазии архитектора применяются на всех стадиях строительства, которые описываются в трактате. Трактат был скорее свидетельством новых масштабных притязаний архитектора Возрождения к воплощению идеального мироустройства и его веры в собственные безграничные возможности, чем практическим пособием для заказчиков и самих архитекторов. Тем не менее именно Филарете открывает тему идеального города, которая стала на долгое время распространенной в архитектурной и социальной теориях.

Проблема передачи нового знания, сформированного вокруг и на основе античности и собственного опыта, остро стояла уже во второй половине XV в. Это предопределило расхождение тем трактатов, каждый из которых был способен охватить только один или несколько связанных аспектов. До конца XV в. существовало несколько конкретных практических руководств, в которых нуждался архитектор, как зрелый, так и вступающий в профессию. Франческо ди Джорджо Мартини (1439-1501), родившийся в Сиене, был скульптором, художником, архитектором, инженером. Подобно другим *homo universal* Возрождения, он выполнял скульптуры, писал картины, но большую часть своей жизни работал как архитектор. Он служил инспектором над строительными работами в Сиене, придворным архитектором в Урбино, консультировал в Каламбрии и Милане, исследовал античные руины в Риме и Кампании. Его практический опыт простирался от строительства церквей, монастырей до дворцов, фортификаций и гидравлических сооружений, включая городские фонтаны. Свой трактат «Военная и гражданская архитектура» ди Джорджо задумывал как учебник, в котором должны быть собраны и изложены дидактически сведения о всех тех работах, с которыми сталкивается архитектор. Предполагается, что на него оказал влияние трактат блистательного художника и инженера Мариано ди Якопо Таккола (1342-1453), которого называли сиенским Архимедом. Таккола написал трактат *De ingeneis*; создал огромное количество иллюстраций различных механизмов, сооружений, использующихся в гидравлических и стро-

ительных работах, где в аксонометриях, разрезах и схемах детально раскрывал работу и принцип устройства машин. Ди Джорджо построил свою концепцию трактата на альтернативе трактата Альберти. Альберти, обосновывая профессию и посвящая много страниц своего трактата понятию красоты, был крайне краток в передаче конкретных технических знаний, которые были востребованы новым поколением архитекторов. Кроме того, отсутствие наглядности в трактате Альберти делала его мало пригодным для профессионального образования. Первую версию трактата он пишет в 1470-е гг., и она состояла из восемнадцати книг, часто повторяющихся между собой и не имеющих логической связанности. Он вновь продолжил работать над рукописью до 1495 г. – таким годом датируется второй трактат, который был переписан многократно и распространен повсеместно. Второй трактат состоял из семи книг: материалы, строительство зданий, крепости и планировка города, храмы, фортификации, гавани и машины. В каждой книге повествование велось от общего к частному и все положения сопровождалось иллюстрациями. Аспекты были разобраны преимущественно в технических вопросах, вопросов же красоты архитектор касался в меньшей степени. Архитектор рассматривает множество непарадных вещей – служебные помещения частных домов и общественных зданий, которые не вписывались в представления о красоте, но которые составляли важный круг архитектурных полномочий и вопросов.

Франческо ди Джорджо придает большое значение концепции *disegno*, которую он понимает не просто как рисунок, но и как инструмент изобретения и передачи замысла. Среди архитекторов его трактат во многом благодаря изображениям получил широкое распространение. Более поздние трактаты, такие как, например, записные книжки Леонардо да Винчи, также несут на себе влияние ди Джорджо. С этого момента все трактаты в теории архитектуры сопровождалось иллюстрациями. Так, многократно были проиллюстрированы и Витрувий, и Альберти. Изображение в теории архитектуры является не просто иллюстрацией, оно также содержит в себе информацию, которую нельзя передать иным способом. Таковы концептуальные схематичные планы жилых домов, например, у ди Джорджо. Собранные на листе, они визуализируют творческий момент поиска через многочисленные вариации. Лишенные материального качества – изображенные без толщины стены – эти схемы скорее диаграммы, передающие смысл композиционной конструкции и структуры. Выделенные отдельно, они существуют вне античной ордерной системы и являются достижением эпохи, которая приветствовала изобретение. Бальдассаре Перуцци (1481-1536) был учеником Франческо ди Джорджо. Он также был важным проводником идей архитектора. Его трактат остался незаконченным, но известно, что это был учебник для изучающих архитектуру молодых людей. Трактат состоял из 32 книг, в которых Перуцци расши-

рял траектории знаний ди Джорджо в соответствии со своим временем. Позже линия Сиенского Возрождения продолжилась в работе Пьетро Катанео (1510-1571). Катанео заявляет в трактате о приоритете города в качестве архитектурного объекта и создает известные схемы «идеальных городов» с различной планировочной структурой и различными фортификациями. Так, тема города в архитектурной работе, начиная с Витрувия, продолжает развиваться и в эпоху Возрождения. Как и его сиенские предшественники, Катанео сфокусирован на технических аспектах и развивает именно эту область архитектурного знания (1507-1573).

Себастьян Серлио (1475 – 1554), получив первоначальное образование художника перспективы, проработал тринадцать лет в мастерской Перуцци в Риме и разделял взгляды мастера на систему обучения архитектуры. Тем не менее его многочисленные новации были обращены к различным слоям социума. Серлио задумывал свой трактат в количестве девяти книг, но в итоге шесть книг были изданы при жизни архитектора, а две так и остались неопубликованными до современной эпохи. Серлио публиковал свои книги не в порядке их написания, но в соответствии с тем кругом читателей, для кого они были написаны. Первой была опубликована в Венеции книга об ордерах. Серлио расширил античную систему трех ордеров до пяти: тосканский, дорический, ионический, коринфский и композитный ордера теперь составляли новый канон. Именно ему принадлежит определение композитного ордера, который в силу природы своей гибридной композиции давал свободу архитекторам к сочинению новых форм и интерпретации канонизированных ордеров. Венеция только вступала на путь архитектурного Ренессанса, и Серлио вводил новое знание не только об ордерах, но и о памятниках античности в Риме, которые впервые появились в едином собрании, изображенные в различных проекциях в четвертой книге. В 1545 г. Серлио переезжает во Францию по приглашению Франциска I для работы королевским художником и архитектором в Фонтенбло. Во Франции архитектор выпускает первую и вторую книги, которые были посвящены геометрии и перспективе соответственно. Переводчик Витрувия и Альберти на французский язык Жан Мартен переводит книги Серлио, которые предназначались исключительно для архитекторов. Первые трактаты об исключительно абстрактных понятиях вышли с иллюстрациями. Выпуск этих книг вместе с переводами Мартена дал начало великой книжной традиции французской архитектуры и французскому архитектурному Ренессансу. Пятая книга была посвящена храмам. Шестая книга содержала опередившую эпоху структуру типологии жилища для всех социальных групп от самых низших социальных категорий до высших. Впервые жилище для бедных стало темой архитектурной теории [5]. Ордера получили прикладное значение, поскольку Серлио рассматривал декорирование зданий ордерами в зависимости от социальной категории и функционального назначения. Серлио

окончательно разделил теорию архитектуры на автономные темы. Пять ордеров были исследованы далее в многочисленных изданиях, начиная с «Правил пяти ордеров архитектуры» Джакомо Бароцци-да Виньола (1507-1573) [6], состоявшего из иллюстративных таблиц с описаниями. Серлио установил норму печатного архитектурного трактата, который с этого момента всегда состоял из иллюстраций и текста, при этом обе позиции представляли собой тело архитектурной теории. Кроме того, все темы теории теперь могли развиваться самостоятельно, и этот процесс параллельного развития является характерным и для современности.

Трактат «Четыре книги об архитектуре» Андреа Палладио (1508-1580) [7] стал самым влиятельным трактатом в теории архитектуры. Многократно переиздаваемый на всех основных языках мира до сегодняшнего дня, трактат служит теоретическим и практическим руководством для классической и современной архитектуры. Впервые архитектор расположил свои объекты вместе с памятниками античной архитектуры и работами своих современников. Изображенные в одной графической манере в проекциях плана и фасадами с размерами архитектурные объекты выстроились в один наглядный ряд, что позволяло наглядно увидеть преемственность во времени и пространственной структуре изображенных типов зданий. Нанесенные размеры позволяли реально использовать изображения в качестве прямых прототипов для собственных построек. Этот внешне простой и очевидный прием Палладио оказался революционным в архитектурной теории и практике. В истории архитектуры существует единственный стиль, названный по имени конкретного автора – палладианизм. Ясность обращения с ордерами и построения пространственных структур обеспечили палладианизму долгую жизнь, не только как стилю, но как концептуальному методу и для современной архитектуры. Последний трактат Возрождения – «Идея универсальной архитектуры» Виченцо Скамоцци (1548-1616) [8] – был задуман автором как всеохватный комpendиум, учебник и теоретическое размышление о всех архитектурных вопросах, начиная от городов и их контекстов до деталей ордера и элементов зданий. Несмотря на то, что трактат Скамоцци пользовался популярностью в странах Северной Европы, он не стал главным итогом развития теоретического мышления Возрождения, поскольку главный процесс от обоснования, созданного Альберти, до концептуальных моделей Палладио был завершен последним. Именно трактат Палладио в большей степени содержал в себе универсальные пространственные структуры, которые открывали путь в будущее. Детальные сведения Скамоцци скорее предвосхищали будущие энциклопедии Просвещения и справочники всех времен, которые включают множество сведений, но не содержат концептуального обоснования архитектурного проекта.

Выводы. Архитектурная теория Возрождения была результатом коллективных усилий, и уже это качество лишало ее однородности и единообразной

нормативности. Скорее, это был такой же коллективный эксперимент по созданию нового теоретического знания, как и сама архитектура Возрождения. Сегодня актуальность этого опыта представляется наглядной после выхода архитектуры из рамок нормативного модернизма. Не случайно Вентури, открывая эпоху постмодерна своим манифестом о противоречиях и сложности архитектуры, приводил в пример эпоху маньеризма, в которой свобода и личный творческий поиск важнее, чем общепринятые нормы в архитектурном мышлении и работе. Теоретическое наследие архитектуры Возрождения проливает свет на вопрос, как и из чего создается теория архитектуры, какие темы и вопросы представляют собой только историческую ценность и какие остаются востребованными и актуальными сегодня. Последнее – есть ответ на вопрос, что же является истинными константами теории архитектуры, а значит и постоянными темами самой дисциплины. Очевидно, что технические сведения устаревают вместе со своей эпохой и являются предметом изучения в архитектурных школах. Технические сведения принадлежат дидактике, но не теории архитектуры сегодня. Вопросы же обоснования архитектуры как профессии и дисциплины и роли архитектора являются актуальными во все времена, когда меняется общее мировоззрение и условия эпохи. Темы пространственных концептуальных моделей, создания и обоснования архитектурных типов, проблемы целого и частей как с точки зрения их назначения и их композиции являются постоянным содержанием теории архитектуры, поскольку представляют собой профессиональный ответ на запрос общества, которое меняется во всех своих позициях и в своем развитии и никогда не остается прежним. Все это определяет постоянное переиздание архитектурной теории Возрождения и постоянное обращение к ней современных авторов [10–17].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Payne A. Architectural Creativity and bricolage in Renaissance Architectural Literature // *Journal of Aesthetics and Anthropology*. 1998. № 2. Pp. 20–38. URL: <https://alinapayne.com/publications-0> (дата обращения: 31.08.2017).

Об авторе:

ДАНИЛОВА Элина Викторовна

кандидат архитектурных наук, доцент, профессор кафедры градостроительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: red_avangard@mail.ru

2. Альберти Л.-Б. Десять книг о зодчестве: в 2 т. М.: Издательство Всесоюзной академии архитектуры, 1935–1937.

3. Витрувий. Десять книг об архитектуре. М.: Архитектура-С, 2014. 328 с.

4. Филарете (Антонио Аверлино). Трактат об архитектуре М.: Русский университет, 1999. 448 с.

5. Serlio S. Rosenfeld M. N. Serlio on domestic architecture. New York: Dover Publications, 1997. 176 p.

6. Виньола. Правило пяти ордеров. М.: Издательство Всесоюзной Академии архитектуры, 1939. 168 с.

7. Палладио А. Четыре книги об архитектуре. М.: Архитектура-С, 2014. 352 с.

8. Scamozzi V. The Idea of Universal Architecture. Amsterdam: Architectura & Natura Press, 208. 308 pp.

9. Барбаро Д. Комментарий к десяти книгам об архитектуре Витрувия с приложением трактата Джузеппе Сальвиати о способе точного вычерчивания ионийской волюты. М.: Издательство Всесоюзной Академии архитектуры, 1938. 478 с.

10. Зубов В. П. Архитектурная теория Альберти. СПб: Алетейя, 2001. 464 с.

11. Ackerman J. Palladio (Architect and Society) New York: Penguin Books, 1974. 208 p.

12. Hart V., Hicks P. Palladio's Rome. New Haven: Yale University Press, 2009. 320 p.

13. Kruff H.-W. History of Architectural Theory. New York: Princeton Architectural Press, 1997. 706 p.

14. Pearson C. Humanism and the Urban World: Leon Battista Alberti and the Renaissance. University Park: Penn State University Press, 2011. 280 p.

15. Tafuri M. Venice and the Renaissance. Cambridge: MIT Press, 1995. 296 p.

16. Tavernor R. Palladio and Palladianism London: Thames & Hudson, 1991. 216 p.

17. Wittkower R. Architectural principles in the age of humanism. New York: WW Norton & Company, 1971. 240 p.

DANILOVA Elina V.

PhD in Architecture, Professor of the Town Planning Chair Samara State Technical University, Institute of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: red_avangard@mail.ru

Для цитирования: Данилова Э.В. Архитектурные трактаты Возрождения // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7. №4. С. 79–83. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.13.

For citation: Danilova E.V. The Renaissance architectural treatises // Urban construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 79–83. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.13.

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 721.72.01/.05.72.01.72.03+7.01/.09.7.01

DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.14

Т.Г. АРТЕМЬЕВА

ХУДОЖЕСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖИЛОГО ИНТЕРЬЕРА

ARTISTIC FEATURES OF PLANNING OF DWELLING INTERIOR

Раскрывается специфика решения художественных проблем проектирования жилого интерьера в рамках оппозиции или адекватности отношений между заказом и проектом. Дается обоснование необходимости стилистической программы как одного из факторов определения алгоритмов проектирования жилого интерьера с учетом ментальных фильтров и культурных потенциалов заказчика и исполнителя. Приводится определение термина «контрастность» применительно к выбору приемов гармонизации жилой среды. Предлагается выбор проектной стратегии и методов выполнения стилистической программы в зависимости от определяющих программу характеристик, пространственного потенциала исходной ситуации и дуализма поставленных задач.

Ключевые слова: комфорт, уют, ментальный фильтр, стилистическая программа, психология восприятия, гармонизация, контрастность, пространственный потенциал, культурный потенциал, аутентичность, идентичность, имитация, стилизация

Интерьер как среда, кроме утилитарных назначений, призван и способен отражать ментальность владельца и его эстетические предпочтения. Утилитарные назначения интерьера реализуются через соблюдение функциональных требований в соответствии с эргономическими и рядом других нормативов. Это обстоятельство делает возможным комфорт пребывания, но недостаточно для того, чтобы человек идентифицировал помещение как «свое» личное пространство, которое для остальных будет выглядеть отражением характера его владельца. Для этого необходимо обживание, в процессе которого возникают качества, связанные с индивидуальными представлениями о функционировании отдельных зон. Эти индивидуальные представления определяются типом личности владельца, его образом жизни и наличием комплекса претензий и ожиданий, совокупность которых образует своеобразный ментальный фильтр. Образ жилища может соответствовать

In the article the specific of decision of artistic problems of planning of dwelling interior opens up within the framework of opposition or adequacy of relations between an order and project; the ground of necessity of the stylistic program is given as one of factors of determination of algorithms of planning of dwelling interior taking into account mental filters and cultural potentials of customer and performer. Determination of term "of контрастность" is given as it applies to the choice of receptions of harmonization of dwelling environment. The choice of project strategy and methods of implementation of the stylistic program is offered depending on qualificatory the program of descriptions, spatial potential of initial situation and dualism of the put tasks

Keywords: comfort, mental comfort, mental filter, stylistic program, psychology of perception, harmonization, crossstyle, spatial potential, cultural potential, authenticity, identity, imitation, transformation of style

различным программам: «репрезентативность» – представительность, характерность, показательность [1], «уют как удобный порядок, приятная устроенность быта, обстановки» [2], «функциональность» и т.д. Однако индивидуальность образа зависит от эстетических предпочтений конкретного человека, поэтому один и тот же интерьер не может рассчитывать на одинаковое восприятие многими, тем более всеми. Другими словами, несовпадение ментальных фильтров в оценке объекта представляет проблему. Разрешимость этой проблемы – в компетенции архитектора. Процесс обживания, когда объект поручается проектировщикам – архитектору, дизайнеру и декоратору, заменяется сложным процессом создания интерьера на основе функциональной и стилистической программ. Чем гармоничнее и адекватнее стилистический ответ на совокупность требований, ограничений и потенциалов конкретного пространства, тем более результат проектирования

может претендовать на объективно положительную оценку заказчика. Психология восприятия определенных культурных ценностей, к коим правомерно причислить внутреннее пространство, организованное и представляющее собой целостную композицию, включающую различные элементы и качества наполнения – предметы, колористику, световой дизайн, базируется на многих факторах, к основным из которых можно причислить культурный потенциал – «сформированная во взаимодействии с социально-культурной средой потребность и способность индивида взаимодействовать с миром материальных и духовных ценностей, способность понимать и критически оценивать типы и формы культуры, способность быть в мире культуры в течение всей жизни, а также создавать культурные ценности» [3] и предшествующий жизненный опыт, сформировавший личность в процессе становления. Очень огрубляя, все-таки возможно условно разделить потребителей и создателей на две большие группы: «консерваторов» и «прогрессивных». Для первых характерно ассоциировать ценности с устойчивыми историческими образцами, для вторых – ценность ассоциируется с непрерывным прогрессом и чувством времени. В подавляющем большинстве ситуаций создатели и потребители находят друг друга и коммуницируют по принципу сходной модели восприятия. И здесь, в первую очередь, речь заходит о стилистической программе интерьера [4]. Учитывая статистику архитектурно-декораторских решений в сфере интерьера как комплекса объемно-пространственной композиции, можно выделить три основных направления в формировании и реализации стилистической программы: моностильные – решенные в рамках единого конкретного художественного стиля (рис. 1); контрастильные – опирающиеся на контрастные признаки двух или более художественных стилей, позволяющие подчеркнуть эстетику каждого из них, несколько стертую в моностильных решениях (рис. 2); эклектичные – когда стилевые признаки не являются решающим фактором композиционного решения и определяющими являются (вступают в силу) приемы гармонизации по различным признакам, имеющим общестилевое значение, как, например, структура формы, колористическая концепция, выбор единых материалов исполнения, приемы тематических сценариев и др. (рис. 3).

Здесь надо отметить некоторые трудности, с которыми зачастую сталкивается архитектор. Главная из них – несовпадение пространственного потенциала, исходной ситуации с композиционными принципами избранной стилистической программы. Здесь уместен выбор из контрастильной либо эклектичной программ. Поскольку художественные стили, кроме классических определений – «Стиль в эстетическом смысле то же, что эстетический «характер» художественного произведения» [5]; «совокупность художественных средств, характерных для

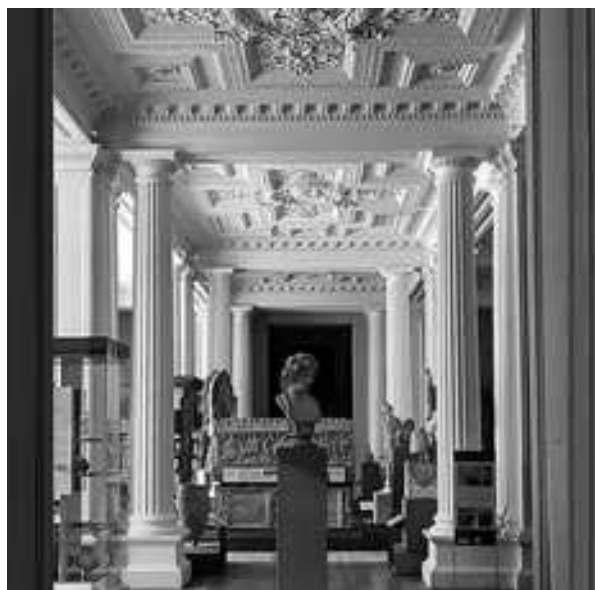


Рис. 1. Пример моностильной стилистической программы
Атрибутика и композиционные принципы организации пространства соответствуют единому стилю ампир.



Рис. 2. Пример контрастильной стилистической программы

Контрастные черты стилей предметного ряда – минимализм и фона – ренессанс доведены до гротеска с предельным выявлением их характерных черт в отношениях типа «исторические ценности» и «современный комфорт», «патина времени» и «свежие краски» и т.д.



Рис. 3. Пример эклектической стилистической программы

В качестве приема гармонизации разнотильных предметов мебели, декора и фона выступает объединяющее их в единую композицию колористическое решение



Рис. 4. Пример стилизации в мавританском стиле

Формы мебели и артобъектов носят трансформированные черты исходного стиля. Приемы оформления интерьера – крашеное дерево и многослойные покрытия пола также относятся к признакам мавританского стиля

произведений искусства какого-нибудь художника, эпохи или нации» [6] характеризуются такими отличительными признаками, как композиционные принципы построения пространства и атрибутика, то акцент переносится на признаки, нейтральные к потенциалу пространства. Решение задач гармонизации может лежать в плоскости создания визуальных иллюзий. Либо физического «исправления» пространства с изменением его параметров в рамках здравого смысла и границах функциональной программы и, в конечном счете, – трансформацией его потенциала. Совпадение предполагает преимущество выбора за моностильной программой, но не исключает вариантов двух других.

Следует отметить своеобразие и дуализм сторон процесса – создателей и потребителей – в приоритетах выбора. Архитектор исходит из глубинных, органических качеств конкретного художественного стиля – принципов построения пространства, художественного осмысления конструктивной системы; потребителя больше интересует внешнее сходство, передаваемое посредством атрибутики.

Проблема видится на первый взгляд маломасштабной и несущественной. Более того, сомнительной, так как речь заходит о культурных ценностях, имеющих временный, преходящий характер. Интерьер как заказ – имеет своего конкретного потребителя, и сервисный характер роли архитектора превалирует над ролью художника, отражающего свое время через создание этих самых культурных ценностей, а это серьезное противоречие. В то время как с прогрессивными предпочтениями, оформленными в задании, все обстоит более или менее адекватно, то архитектор, имеющий дело с консервативными вкусами потребителя, находится в затруднительном положении и в смысле передачи идентичности и, одновременно, – соответствия своему времени.

Поэтому в оперативный инструментарий создателя интерьера входят понятия аутентичности, идентичности, имитации и стилизации. Аутентичность – (достоверность, подлинность, действительность, равнозначность, доподлинность [1]) достигается в рамках работы в реальном историческом пространстве либо формированием среды посредством включения реальных исторических предметов быта и искусства. Сложнее дело обстоит с понятиями идентичность (идентичный [ср.-лат. *Identicus*] – тождественный, одинаковый, сходный, равнозначный [8]) и имитация (от лат. *imitatio* – подражание кому-, чему-л., воспроизведение [9]). Если аутентичность и идентичность предполагают максимально точное воспроизведение образцов атрибутики стиля, то имитация, как правило, оперирует подручными пластичными материалами, позволяющими воспроизвести форму, копируя образцы на уровне простого сходства. Наиболее часто для решения стилистической программы прибегают к стилизации – подражанию внешним формам какого-либо стиля [8] (рис.4).

Стилизация позволяет большую свободу в выборе приемов гармонизации среды, нежели аутентичность, идентичность и имитация, позволяя интерпретировать атрибутику художественных стилей, опираясь, в целом, на композиционные принципы организации пространства, характерные для интерпретируемых стилей, что в конечном счете определяет свободу самовыражения художника в рамках заданной стилистической программы [4,10–12].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александрова З.Е. Словарь синонимов русского языка: практический справочник. М.: Русский язык-Медиа, 2005. 600 с.
2. Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка. М., 1992. 994 с.
3. Терминологический ювенологический словарь 2005 - hsyoffict/ru
4. Артемьева Т.Г. К вопросу о границах допустимого в проектировании частного интерьера // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн: сб. статей / под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Е.А. Ахмедовой; СамГАСУ. Самара, 2016. С. 236–238.
5. Лосев А.Ф. Форма. Стиль. Выражение. М.: Мысль, 1996. 940 с.
6. Толковый словарь русского языка / под ред. Д.Н. Ушакова. М.: Изд. Центр «Терра», 1996. 2808 с.
7. Комлев Н.Г. Словарь иностранных слов. М., 2006. 669 с.
8. Азимов Э.Г., Щукин А.Н. Новый словарь методических терминов и понятий (теория и практика обучения языкам). М.: ИКАР, 2009. 448 с.
9. Соколова М.А. и др. Взгляд изнутри. Проектирование архитектурного пространства: интерьер. М.: БуксМАрт, 2016. 176 с.: ил.
10. Соловьев Н.К. История современного интерьера. М.: «Сварог и К», 2004. 399 с.
11. Соловьев Н.К., Майстровская М.Т., Турчин В.С., Дажина В.Д. Всеобщая история интерьера. М.: Эксмо, 2013. 784 с.: ил.

Об авторе:

АРТЕМЬЕВА Татьяна Геннадьевна
доцент кафедры архитектуры
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194
E-mail: tatart2@gmail.com

ARTEMEVA Tatyana G.
Associate Professor of the Architecture Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194
E-mail: tatart2@gmail.com

Для цитирования: Артемьева Т.Г. Художественные особенности проектирования жилого интерьера // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 84–86. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.14.
For citation: Artemeva T.G. Artistic features of planning of dwelling interior // Urban construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 84–86. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.14.

Е.А. АХМЕДОВА
А.В. ЖОГОЛЕВА

КЛАСТЕРНЫЕ СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АГЛОМЕРАЦИИ НА ПРИМЕРЕ САМАРСКО-ТОЛЬЯТТИНСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

THE CLUSTER STRATEGY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE AGGLOMERATION ON THE EXAMPLE SAMARA-TOGLIATTI AGGLOMERATION

Рассматривается актуальный кластерный подход к планированию устойчивого развития агломерационных территорий на примере Самарско-Тольяттинской агломерации. Авторы опираются в своем исследовании на каркас выстроенных в структуре агломерации образовательных, производственных, финансово-экономических сетей информационного обмена. Делается вывод, о том, что градостроительная политика развития Самарско-Тольяттинской агломерации, опирающаяся на кластерные стратегии, позволит университетам региона, в том числе опорному вузу, национально-исследовательскому университету сформировать платформу инновационной кластерной инфраструктуры региона.

Ключевые слова: устойчивое развитие, инновационные кластеры, Самарско-Тольяттинская агломерация, кластеризация, агломерация, университетские комплексы, индустриальные парки, опорные вузы, национально-исследовательские университеты

В составе стратегии устойчивого градостроительного развития агломерационных территорий градостроители выделяют следующие направления:

- социально-экономическая устойчивость градостроительного образования [1];
- устойчивое структурно-планировочное развитие территории [2];
- развитие устойчивого коммуникационного каркаса агломерирования территорий (транспортные, пешеходные, деловые связи);
- экологическое равновесие территории, ландшафты и устойчивое озеленение.

Содержание этих направлений расширяет понятие устойчивого развития территорий, диктует разнообразные подходы к планированию и архитектурно-градостроительному проектированию агломерационных территорий [3].

Кластерный подход к планированию устойчивого развития агломерационных территорий опирается как на развитие планировочных и транспортных связей, так и на каркас выстроенных в структуре агломерации производственных, финансово-экономических, кадровых взаимодействий, сетей делового

The article considers the actual cluster approach to planning for sustainable development of the agglomeration territories. The authors base their study on the frame structure built in the Metropolitan area of educational, industrial, economic and financial information exchange networks. The article concludes, that the urban planning policy of development of the Samara-Togliatti agglomeration based on cluster strategy, will allow the universities in the region, including support to the University, national research University create a platform of innovation cluster infrastructure of the region.

Key words: sustainable development, innovation clusters, Samara-Togliatti agglomeration, clustering, agglomeration, university complexes, industrial parks, national research universities

сотрудничества. В свою очередь на основе этого каркаса формируется новый рынок труда, активизируется пригородное и загородное строительство (производство, деловая функция, общественные объекты, жилье, отдых), происходит комплексное планировочное развитие агломерационных территорий [4]. Тип пространственной кластерной структуры – сетевой, узловой, дискретный, компактный, линейный – определяет характер процессов агломерирования урбанизированных территорий [5].

Характер кластерной структуры, ее отраслевая специализация могут быть различными – в Самарской области успешно функционируют предприятия аэрокосмического, автомобильного кластера, планируется организация фармацевтического кластера. Важным условием формирования инновационной среды в кластерных структурах нашего региона является создание общего информационного и деятельностного пространства, организация эффективных способов передачи информации, необходимость интенсификации информационного обмена и сотрудничества предприятиями кластера. Международный опыт управления кластерными структурами

делает упор на университетскую науку, исследовательские институты и научные школы.

В нашем регионе, где система высшего образования имеет стабильно высокие показатели, организация на базе университетов кластера инновационных технологий и образования – сложная, но актуальная для развития города, агломерации и региона задача, решение которой возможно с привлечением целого ряда участников: региональных и городских властей, производства, малого и среднего бизнеса, крупного бизнеса.

В Самарском регионе функционируют 25 образовательных организаций высшего образования, в том числе 16 государственных. В них обучаются 111 тысяч студентов и более 500 аспирантов и докторантов, ежегодно вузы региона выпускают более 25 тысяч бакалавров и магистров. Образовательный процесс в вузах обеспечивают около 11000 преподавателей, среди них более 5000 кандидатов наук более и около 1300 докторов наук. Самое большое количество студентов в России приходится на Москву и Санкт-Петербург – это самые студенческие города России. Самара в рейтинге студенческих городов России занимает четвертую строчку. На каждые 10000 жителей Самарской области в среднем приходится около 500 студентов, что выше средних показателей по России и сопоставимо с аналогичными показателями наиболее развитых стран мира [6]. Все вузы и их филиалы расположены в структуре Самарско-Тольяттинской агломерации, в ее городах-центрах – Самаре, Тольятти, Кинеле, Сызрани.

Инновационные процессы в кластере опираются на координацию нескольких участников различной компетенции и квалификации, осуществляющуюся методом обмена: ни один из участников инновационного процесса не обладает достаточно полной информацией и не способен самостоятельно реализовать весь технологический цикл кластера. Различные объекты кластерной инфраструктуры организуются под различные технологические этапы кластерных стратегий [7].

На базе *региональных индустриальных парков* организуются процессы в компетенциях региональные власти – инвесторы – производство, связанные с запуском новых малых, средних и крупных производственных предприятий.

На базе *бизнес-инкубаторов* организуются процессы проявления компетенции в отношениях университет – производство (бизнес-консультанты), предусматривается возможность «трансляции» информации и «демонстрации» результатов деятельности. Офисы и центры трансфера технологий осуществляют анализ исследований, проводимых

в университете, с целью поиска бизнес-партнеров и государственных программ, где возможно применение данных научных трудов. Малые инновационные предприятия апробируют новые технологии и запускают их в производство.

На базе *коворкинг-центров* компетенциями университетов, бизнеса, молодежных общественных организаций создаются условия для внеучебной занятости студентов, включения их в профессиональную, общественную деятельность, для развития фриланса и малого бизнеса в непроизводственной сфере – сфере услуг, консалтинга, креативных технологий и пр. (рис. 1) [8].

На базе *региональных и городских проектных центров* организуются процессы управления, планирования городского, агломерационного, регионального развития, исследования, проектирования в компетенциях университет – региональные, городские власти – общественность.

На базе *образовательных центров* за счет компетенций университетов и научно-исследовательских учреждений организуются открытые образовательные программы для широкого круга слушателей, курсы повышения квалификации, дополнительное к высшему образованию, совместные исследования с внешними партнерами, консультативные услуги собственных и приглашенных специалистов.

Сегодня научный и образовательный потенциал вузов г. Самары достаточно высок, и, кроме организации первичного информационного процесса (непосредственно научной и образовательной деятельности), явно заметно развитие вторичных информационных потоков. Основные их направления:

- проявление компетенции в соответствующей сфере, причем как на коммерческой, так и на социальной основе («Юридическая клиника СамГУ», межвузовский медицинский центр), обучение компьютерной грамотности;
- создание центров общего доступа к информационным ресурсам (медиацентр СГАУ, создание общих информационных баз, медиацентры, полиграфические центры;
- проведение межвузовских конференций и олимпиад;
- сопровождение научной и инновационной деятельности.

При этом процессы междисциплинарного комбинирования информации как внутри отдельных вузов, так и между вузами, поиска информации в форме мониторинга, межвузовской трансляции информации (конференции), демонстрации (выставки, презентации) развиты недостаточно. Научная деятельность университетов не ограничивается внутренними исследовательскими подразделениями, также

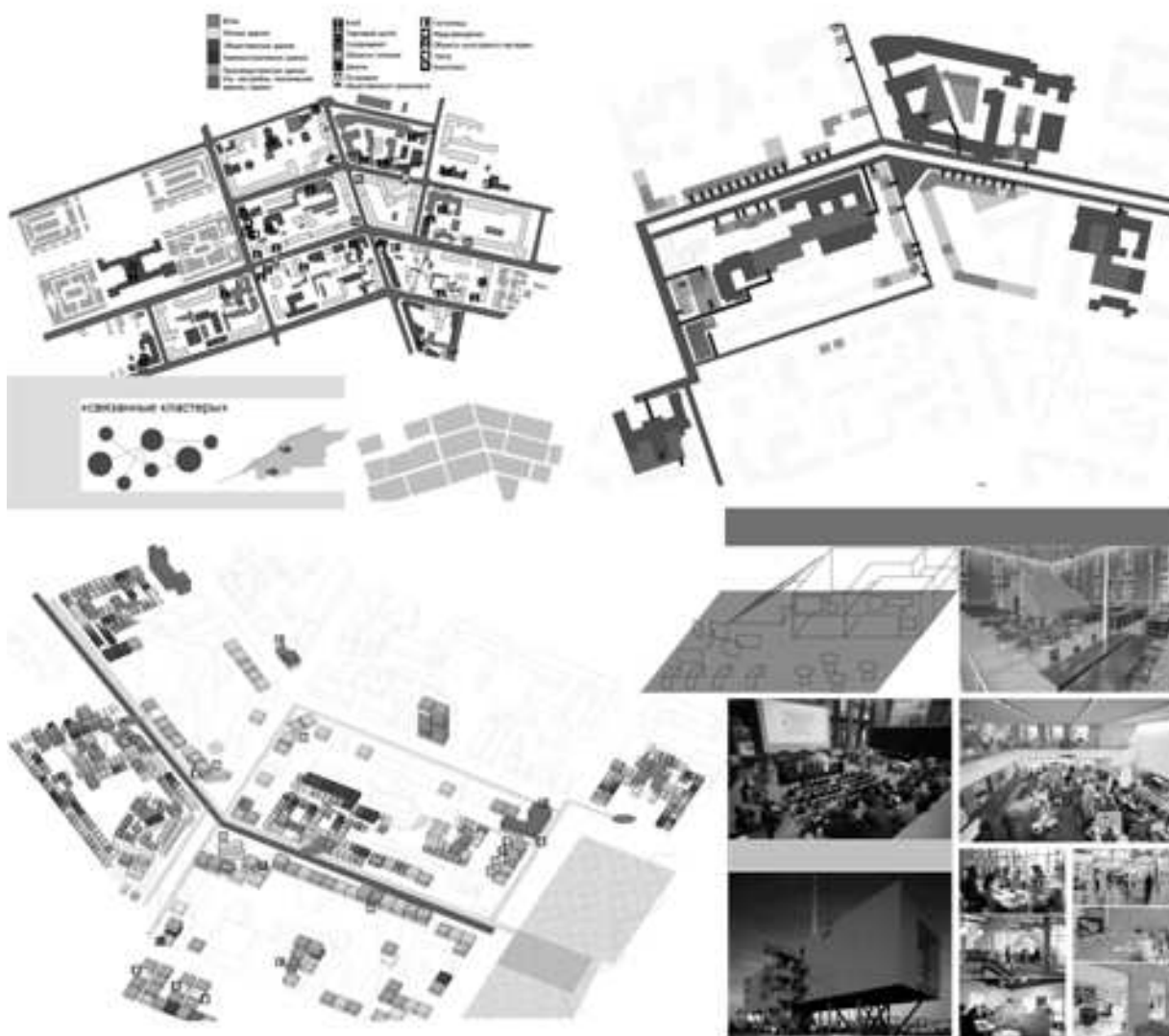


Рис.1. Модель трансформации университетских комплексов в образовательный кластер «Самарский двор»

по нескольким направлениям осуществляется взаимодействие университетов и исследовательских институтов г. Самары.

Крупные промышленные организации («ЦСКБ Прогресс») проводят семинары и конкурсы для студентов, поддерживают программы частичной оплаты обучения студентов и аспирантов. На базе университетов создаются учебные центры, например учебные центры ОАО «Волгабурмаш», ЗАО «Электрощит», ЗАО «Самарская кабельная компания» в Самарском государственном техническом университете (СамГТУ). Вузы и предприятия создают совместные научные исследовательские институты (НИИ) – в 1998 г. на базе научно-исследовательских лабораторий Самарского государственного аэрокосмического университета (СГАУ) и самарского

металлургического завода создан Волжский филиал Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН (ВФ ИМЕТ) [10].

Кроме коммерческих организаций, партнерами вуза могут быть социальные институты. При участии СамГУ велось создание центра социальных экспертиз, общественных объединений Самарской области «СРОО ИЭКА «Поволжье» и СООИК «Десница». Сегодня уже СООИК «Десница» и архитектурный факультет опорного вуза региона СамГТУ организовали сотрудничество, проводятся совместные конкурсы, семинары, форумы, целью которых является внедрение в обучение студентов-архитекторов правил и норм доступности городской среды для маломобильных групп населения [9]. Таким образом, сеть вторичных информационных процессов в между-

зовской среде становится все более разветвленной и объединяет все большее количество участников.

Можно отметить формирующуюся в регионе сеть Центров молодежного интеллектуального творчества (ЦМИТ). В настоящее время работают четыре ЦМИТа (три в Самаре, один в Тольятти), открытых на базе вузов: Самарского государственного аэрокосмического университета (СГАУ), Самарского государственного медицинского университета (СамГМУ), Самарского государственного экономического университета (СГЭУ), Тольяттинского государственного университета (ТГУ). Все ЦМИТы оборудованы необходимым для привлечения учащихся и молодежи к занятиям робототехникой. В 2014 г. стартовал проект «Формирование кадрового потенциала для аэрокосмической отрасли через развитие технического творчества детей и молодежи в области робототехники. R2D2- Samara». В настоящее время у проекта «R2D2- Samara» есть более 15 постоянных партнеров, которые помогают проводить робототехнические мероприятия. Среди них ООО «АКВИЛ», Фонд «Вольное дело», LEGO, Microsoft, ЗАО Лаборатория Касперского, ООО Вебзавод, НПО «Андроидная техника», ООО «Камоцци Пнев-матика», ОАО «ICL-КПО ВС» и др.

Итак, организация и интенсификация информационного обмена в части инноваций может происходить на базе инфраструктуры университетов, в том числе федеральных, национально-исследовательских и опорных университетов, имеющих дополнительную господдержку. В Самаре в результате объединения СГАУ и СамГУ создан Самарский государственный национально-исследовательский университет имени академика С.П. Королева. Также в результате реорганизации двух крупных самарских вузов – Самарского государственного технического университета и Самарского государственного архитектурно-строительного университета, строительный университет вошел в состав опорного университета региона – СамГТУ. Благодаря этому получена поддержка университета на государственном уровне – финансирование программы опорного вуза, в том числе работа с талантливой молодежью и реализация инновационных проектов.

В 2015 г. в Самарском национально-исследовательском университете в результате слияния библиотек СГАУ и СамГУ создана объединённая библиотека. Она стала крупнейшей вузовской библиотекой региона – её общий фонд составил около 2,3 млн. экземпляров. По объёму фонда библиотека уступает только Самарской областной универсальной научной библиотеке, где хранится более 4,5 млн. документов. Преподаватели и студенты имеют доступ к научным работам, индексируемым крупнейшими

международными базами Web of Science и Scopus, журналам издательств Elsevier, OSA, EBSCO, электронным библиотечным системам Ibooks, Urait, Ruscont. При этом доступ может осуществляться не только со стационарных компьютеров, подключённых к университетской локальной сети, но и с персональных устройств в общежитиях или через единую сеть Wi-Fi, действующую во всём кампусе [10].

В 2015 г. в Самарском национальном исследовательском университете имени академика С.П. Королева открыт волонтерский центр Чемпионата мира по футболу FIFA 2018 в России. В задачи волонтерского центра входит привлечение, предварительный отбор кандидатов в волонтеры и организация общего обучения волонтеров не только из числа студентов вуза, но и для всех желающих старше 18 лет [11].

Опорный вуз Самарского региона СамГТУ также выступает эффективной площадкой развития вторичных информационных потоков и компетенций «университет – региональные, городские власти – общественность», «университет-культура». В октябре 2016 г. в архитектурно-строительном институте СамГТУ состоялся круглый стол «Архитектура опорного университета: идеи, проекты, возможности» с участием мера Самары О.Б. Фурцева, главного архитектора Самары А.Е. Самарцева, зам. министра строительства правительства Самарской области А.И. Баранникова и др. 14–16 октября 2016 г. в Самаре в архитектурно-строительном институте СамГТУ состоялся XVI Фестиваль моды и театрального костюма «Поволжские сезоны Александра Васильева», где молодые дизайнеры из 32 городов России представили новые авторские коллекции. На базе СамГТУ действует отборочная площадка всероссийского конкурса «УМНИК». В опорном вузе региона в сентябре 2016 г. проходил российско-французский форум «Сохранение наследия и развитие городов» и пр.

Поддержать реализацию и успешное развитие всех этих стратегий в рамках развития кластерных стратегий может градостроительная программа развития существующих университетских кампусов, межуниверситетских и соседних с ними городских площадок. Причем реализация этих программ может быть не только университетским мероприятием, но и мероприятием агломерационного и регионального значения, обсуждаемым и рассматриваемым в новом генеральном плане г. Самары, в стратегии развития Самарского региона. В программе развития опорного вуза СамГТУ, разработанной на срок до 2020 г., запланировано проектирование конгресс-центра, в структуре которого могут быть организованы конференц-зал, коворкинг, шоу-рум,

выставочный центр, центр компетенций, инженеринговый центр, медиатека.

Выводы. Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, опорный вуз Самарского региона СамГТУ благодаря своим объединенным ресурсам и грамотной градостроительной политике Самарско-Тольяттинской агломерации и города Самары могут выступить платформой для создания объектов междууниверситетской кластерной инфраструктуры и формирования инновационной образовательной среды в целях роста человеческого капитала и устойчивого развития социально-экономического развития Самарско-Тольяттинской агломерации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегическое городское планирование: монография / В.П. Андриевская, А.П. Эстрин, Е.А. Ахмедова, Т.В. Каракова, В.А. Шабанов. Самара, 2001. 200 с.
2. Любонный В.Я. Города России: альтернативы развития и управления. М.: Экон-информ, 2013. 614 с.
3. Аношкина Е. А., Лецев И. Е. Внешние эффекты стихийного агломерационного процесса в условиях депопуляции населения // Проблемы современной экономики. 2009. № 4 (32). С. 20–24.
4. Зубаревич Н. Кто выиграет конкуренцию за человеческие ресурсы? // Российское экспертное обозрение [Электронный ресурс]: Реж. доступа: интернет.. — URL: <http://www.rusrev.org/content/review/default.asp?shmode=8&ida=2169&ids=162>
5. Ахмедова Е.А., Проскурин Г.А. Градостроительные аспекты создания инновационного центра нефти и газа на базе Оренбургского газохимического комплекса // Вестник ОГУ. Оренбург, 2007. №4. С.153–157.
6. Самарский статистический ежегодник. 2016 / СамараСтат. Самара, 2016. 352 с.
7. Тарасенко В. Территориальные кластеры: семь инструментов управления. М.: Альпина Паблишер, 2015. 201 с.
8. Терягова А.Н., Жоголева А.В. Архитектурно-градостроительные предпосылки развития инновационных университетских кластеров // Научное обозрение. М., 2015. №5. С.362–366.
9. Наквакина О.В., Терягова А.Н. Аспекты архитектурно-пространственной адаптации существующих зданий и кампусов учебных заведений к потребностям людей с ограниченными возможностями // Традиции и инновации в архитектуре. [Электронный ресурс]: материалы 71-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР / СГА-СУ. Самара, 2014. С. 106–110.
10. Реж. доступа: <http://www.ssau.ru/news/12446-V-Samarskom-universitete-sozdaetsya-Molodezhnoe-informacionnoe-agentstvo/> [Электронный ресурс] (дата обращения: 13.05.2017).
11. Реж. доступа: <http://www.ssau.ru/news/13322-Stan-volonterom-Chempionata-mira-po-futbolu-FIFA-2018-v-Rossiisuptmsup/> [Электронный ресурс] (дата обращения: 13.05.2017).

Об авторах:

АХМЕДОВА Елена Александровна

доктор архитектуры, профессор, заведующая кафедрой градостроительства
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194
E-mail: dir_inst_arch@bk.ru

ЖОГОЛЕВА Анна Владимировна

кандидат архитектуры, доцент кафедры градостроительства
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194
E-mail: annazhogoleva@yandex.ru

ACHMEDOVA Elena Aleksandrovna

Doctor in architecture, professor of the department «Town-planning»
The Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194
E-mail: dir_inst_arch@bk.ru

ZHOGOLEVA Anna Vladimirovna

PhD in architecture, associate professor of the department «Town-planning»
The Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194
E-mail: annazhogoleva@yandex.ru

Для цитирования: Ахмедова Е.А., Жоголева А.В. Кластерные стратегии устойчивого развития агломерации на примере Самарско-Тольяттинской агломерации // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 88–92. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.15.

For citation: Achmedova E.A., Zhogoleva A.V. The cluster strategy for sustainable development of the agglomeration on the example Samara-Togliatti agglomeration // Urban construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 88–92. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.15.

Т.В. ВАВИЛОНСКАЯ

АРХИТЕКТУРНО-ИСТОРИЧЕСКАЯ СРЕДА В УСЛОВИЯХ ДИНАМИЧНО РАЗВИВАЮЩЕГОСЯ МЕГАПОЛИСА

ARCHITECTURAL AND HISTORICAL ENVIRONMENT UNDER THE CONDITIONS OF A DYNAMICALLY DEVELOPING MEGAPOLIS

Раскрыты основные вехи развития архитектурно-исторической среды города Самары как динамично развивающегося мегаполиса. Критически осмысляются: проведенные в постсоветский период исследования, направленные на сохранение среды и являющиеся результатом охранной деятельности; практические работы того же периода, направленные на обновление архитектурно-исторической среды и являющиеся результатом градостроительной деятельности. Статья служит выявлению причин нарушения целостности архитектурно-исторической среды крупного поволжского города. Одной из основных причин является противоречие между различными целеположениями охранной и градостроительной деятельности. Часть анализируемых исследований и работ были выполнены при участии и (или) под руководством автора.

Ключевые слова: архитектурно-историческая среда, градостроительная деятельность, охранный характер, реконструктивный и прагматичный подходы

Постсоветский период с 1990-х гг. по настоящее время характеризуется бурной перестройкой городов, происходящей на фоне рыночной экономики. Образ архитектурно-исторической среды крупных, динамично развивающихся мегаполисов радикально меняется, примером тому служит Самара. Следует отметить, что свою актуальность в отношении Самары не утрачивают и по сей день слова Н.Лендера – автора сборника «Волга» за 1889 г.: «... Самара – город молодой, живой и деятельный. В последние 25-30 лет он сильно разросся; появилось много новых домов и крупных сооружений. Строительная деятельность в Самаре вообще чрезвычайно сильно развита и даже беспримерна... Кто не видел Самару лет 10-15, тот не узнает её в теперешнем **обновленном** состоянии [1, с.133]. Достаточно сравнить панораму с р. Волги в 1990-х гг., где доминировали неоромантический пивоваренный завод А.Ф. фон Вакано, неоготический польский костел и конструктивистский Дом промышленности, и современную панораму, которая образована теснящейся жилой застройкой высотностью в 20 и более этажей. Можно говорить о том, что город пережил два бурных экономических всплеска: один из них приходился на конец XIX –

The article reveals the main milestones of the development of the architectural and historical environment of the city of Samara as a dynamically developing metropolis. The studies conducted in the post-Soviet period aimed at preserving the environment and resulting from security activities and practical works of the same period aimed at updating the architectural and historical environment and resulting from urban development are critically interpreted. The article reveals the causes of the violation of the integrity of the architectural and historical environment of a large Volga city. One of the main reasons is the contradiction between the various objectives of security and urban development. Part of the analyzed researches and studies were carried out with the participation and (or) under the guidance of the author of this article.

Keywords: architectural and historical environment, town-planning activity, security activity, reconstructive and pragmatic approaches

начало XX в., другой – на конец XX – начало XXI в. Следствием каждого из них были небывалые по масштабу изменения в архитектурно-исторической среде. При этом в результате первого всплеска архитектурно-историческая среда создается, в результате второго – растрчивает свой потенциал.

Развитие градостроительной деятельности происходит с учетом архитектурно-исторической среды. Так, в 1985 г. коллективом «Горпроект» (Москва) разрабатывается новый генеральный план города Куйбышева (ныне Самары), в котором предусматривается реконструкция исторического центра, но при этом памятники истории и культуры должны были быть сохранены, а объемы реставрационных работ – увеличены. С 1990-х гг. начинается активное строительство в историческом центре города.

В эти же годы в Самаре активизируется охранный характер. В 1984 г. на базе Самарского государственного архитектурно-строительного университета (СГАСУ) был выполнен «Историко-опорный архитектурный план г. Самары» (Т.Я. Ребайн, Е.А. Ахмедова, С.В. Генералова, Т.В. Каракова и др.) [2]. Развивающаяся с 1980-х гг. парадигма градостроительной охраны сказала на том, что оценка наследия

проводилась, прежде всего, с позиций его градостроительной ценности. Возраст территории понимался как основополагающий критерий ценности. Другим критерием ценности была стабильность центральных функций. В основе концепции – представление о том, что территории первоначального освоения приобретают центральные функции в городе и служат накоплению культурных ценностей. Из чего следовал вывод: где расположены памятники – там и центр города. В то время архитектурно-историческая среда «Губернской Самары» еще несла центральные функции. Архитектурно-историческая среда «Уездной Самары» уже не испытывала высокой социальной активности. Сегодня можно с уверенностью утверждать, что разработанная концепция «не работает» в полной мере, поскольку центр города постепенно «покидает» уже и «Губернскую Самару».

К 1990 г. организацией «РЕКОН» (науч. рук. – И.Б. Галахов) был разработан первый «Проект зон охраны и зон регулирования застройки исторической части г. Самары». С позиций *прагматичного подхода* выделены территории с большим процентом износа жилого фонда (свыше 60 %), что служило одним из критериев ценности или, вернее сказать, обесценивания среды. Развивая предыдущую концепцию, отмечалось отсутствие должного контроля за наследием, в чем виделась причина деградации городских функций. Зафиксированы «естественные» изменения в функциональной структуре центра: занятие хозяйственно-административными учреждениями первых этажей жилых зданий, захват дворовых пространств предприятиями торгово-бытового обслуживания. Стратегия реконструкции связывается с развитием функционально-пространственного каркаса территорий. Несмотря на групповой характер зон охраны, их количество было значительным, а границы имели сложные очертания и «разрезали» территории кварталов. Кроме того, не учитывались современные границы землепользований, что затрудняло использование проекта на практике. Надлежащего утверждения проект не получил, хотя избирательно применялся в деятельности госоргана охраны.

В 1991-1993 гг. в Самаре впервые была проведена комплексная инвентаризация наследия (Е.А. Ахмедова, Г.Н. Рассохина, Т.В. Вавилонская и др.). Список выявленных объектов был непомерно расширен в целях получения целевого финансирования на реставрацию. Количественный показатель памятников, казалось, должен был привлечь дополнительное финансирование из федерального бюджета на нужды реставрации. Однако этим надеждам не суждено было сбыться.

В целях придания городу статуса исторического, в 1990 г. разрабатывается концепция реконструкции Иверского женского монастыря (Е.А. Ахмедова, Т.В. Вавилонская, А.В. Шошин). Вновь открывается монастырь, постройки которого в советское время были превращены в «Рабочий городок» при Пивоваренном заводе. В 1993 г. Самара получает статус исторического города и обладает им вплоть до 2010 г., когда под давлением субъектов *градостроительной деятельности* многие динамично развивающиеся города Российской Федерации теряют статус исторических. В 1990-е гг. начинают реставрироваться объекты храмового зодчества, которые в советский период находились в полуразрушенном состоянии, например: Собор Вознесения Господня на ул. Степана Разина (1841-1843, рек. 1993); церковь Св. великомучениц Веры, Надежды, Любви и матери их Софии (1896, рек. 1993); польский костел (1906, рек. 1996) [3].

Границы охранной деятельности расширяются. Так, в 1994 г. Отделом охраны и использования исторического недвижимого наследия города Администрации г. Самары выполняется «Картирование памятников истории, культуры, архитектуры г. Самары» (науч. рук. – С.В. Генералова). Работа опиралась на данные инвентаризации 1991-1993 гг., которые были картированы в масштабе 1:10000. Безусловным достоинством работы стало осознание ценности не только объектов периода капитализации экономики, но и советского периода.

В 1995-1996 гг. для Самары творческим коллективом Самарского государственного архитектурно-строительного университета (Е.А. Ахмедова, Т.В. Вавилонская, Т.В. Каракова) разрабатывается «Типология объектов новой застройки в границах исторического ядра г. Самары (с рекомендациями ведения проектирования)». С учетом ценности и целостности застройки, а также наличия территориальных резервов были выделены зоны с различными по степени преобразований режимами реконструкции (консервации, реставрации, реновации, модернизации и конструирования), дано определение каждого из режимов, выделены параметры необходимых, допустимых и недопустимых мероприятий. В каждой из полученных зон был выбран эталонный квартал и на его примере показаны возможные приемы реконструкции.

Переход «на рельсы» рыночных отношений в 1990-е гг. сопровождался поиском новых *прагматичных подходов* к оценке ценности архитектурно-исторической среды. Один из таких подходов был разработан в 1997 г. в составе работы «Историко-градостроительная ценность земель в пределах городской черты г. Самары по программе «Градостроительный

мониторинг» (науч. рук. – Е.А. Ахмедова, рук. раздела «Оценка привлекательности застройки» – Т.В. Вавилонская). Ценность наследия определялась математически и учитывалась при комплексной градо-экономической оценке и расчетах дифференцированных ставок земельного налога.

В 2001-2003 гг. в рамках Федеральной целевой программы «Культура России (2001 - 2005 гг.)» проходит вторая волна инвентаризации, осуществляется выверка списков памятников в условиях развернувшейся экспансии новой застройки в исторические центры городов. Второй этап инвентаризационных работ проводился во исполнение постановления Правительства Российской Федерации от 05.07.2001 г. №504 «Об общероссийском мониторинге состояния и использования памятников истории и культуры...». Приказом Минкультуры России от 28.05.2002 г. №848 был утвержден Порядок проведения общероссийского мониторинга состояния и использования памятников истории и культуры. Перечень выявленных объектов наследия по Самаре был в значительной мере сокращен по сравнению со списками 1990-х гг.

Результаты второй волны инвентаризации находят отражение в *градостроительной деятельности*. По инициативе министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Самары в 2002-2003 гг. выполняется работа «Комплексная градостроительная стратегия реконструкции и нового строительства в границах исторических центров Самары и Сызрани» (Е.А. Ахмедова, Т.В. Каракова, Т.В. Вавилонская и др.), которая соответствовала парадигме градостроительной охраны наследия. Результаты инвентаризации 2001-2003 гг. были картированы, кроме того, в рамках работы был выполнен Проект зон охраны г. Самары, который, как и предыдущий, не получил надлежащего утверждения. Проект охватывал только исторический центр города, в пределах которого, сообразно историческим этапам его развития, были выделены групповые зоны охраны.

В рамках *градостроительной деятельности* выполняется новый генеральный план города, утвержденный Решением Думы г. Самары №539 от 20.03.2008 г. В составе генерального плана г. Самары был разработан раздел «Сохранение и реабилитация историко-архитектурного и градостроительного наследия городского округа Самара, определение основных направлений реконструкции как доиндустриальной, так и индустриальной застройки» (Е.А. Ахмедова, Т.В. Вавилонская и др.). Следует отметить, что и сама инвентаризация проходила по инициативе и под патронажем государственного органа градостроительной деятельности – мини-

стерства строительства Самарской области. В генеральном плане Самары появляется «Схема границ территорий объектов культурного наследия». Кроме того, в отличие от многих других городов Российской Федерации, схема была включена в утверждаемую часть проекта. Концепция сохранения заключалась в историко-типологическом охранном зонировании. На территории исторического центра города были выделены 4 групповые охранные зоны: «Древняя Самара», «Дорегулярная Самара», «Уездная Самара» и «Губернская Самара», которые в совокупности образовывали заповедную зону исторического центра с еще достаточно *целостной* в то время архитектурно-исторической средой.

Ближний пригород составил зону строгого регулирования застройки, а дальний рабочий пригород – зону регулирования застройки. Кроме того, были определены охранные зоны срединной и периферийной частей города, которые включали архитектурно-историческую среду советского периода. Впервые были выделены ансамбли улиц и площадей. В основу был положен *реконструктивный подход*, который позволил разработать дифференцированные высотные регламенты новой застройки для красной линии кварталов и внутриквартальных территорий по каждому из историко-типологических слоев в зависимости от масштаба их исторической застройки.

Несмотря на то, что генеральный план города был утвержден еще в 2008 г., соответствующих ему правил землепользования и застройки (ПЗЗ) до сих пор в Самаре не принято. Город развивается по ПЗЗ 2001 г., где высотность новой застройки в историческом центре не ограничивалась. Такое «межвременье» весьма устраивает всех субъектов градостроительной деятельности. Попытка разработать новые ПЗЗ была предпринята в 2010 г., однако в судебном порядке ПЗЗ были отменены. Последняя версия ПЗЗ (ООО «ПМ «Рекон», И.Б.Галахов) проходила общественные слушания в 2014 г. По заявлению официальных властей новые ПЗЗ должны легализовать новые объекты многоэтажной жилой застройки в историческом центре города. В проекте ПЗЗ 2014 г. предполагалось ограничивать высотность застройки не в этажах, а в метрах для исторической части города в диапазоне от 15 до 22,5 м. Отклонения от предельно допустимых параметров проводятся через общественные слушания. Сегодня особое распространение в Самаре получила практика внесения изменений в ПЗЗ в части замены зон жилой застройки, на которые распространяется высотный регламент, зонами обслуживания населения без ограничения высотности.

Преобладание градостроительной деятельности над охранной в этот период вызывает снос целого ряда исторических зданий под «маркой реконструкции». Примером может служить снос исторического здания железнодорожного вокзала (1876 г., арх. Н.И. де Рошфор), на его месте возведен в духе слик-тека новый комплекс (арх. Ю.В. Храмов, В.И. Жуков и др., 2002 г.).

В пределах «Уездной Самары», где масштаб исторической застройки составляет один-два этажа, возводятся здания в 8-11 этажей (жилые дома по улицам Ленинградской, Ст. Разина, А.Толстого, Венцека). Новая застройка с активной колористикой и использованием стилизованного, гиперболизированного декора воспроизводила абстрактно исторические детали, увидеть которые человеку при сохраняющейся ширине улиц было практически невозможно. В это время всерьез заговорили о «самарском стиле» в архитектуре, которая с отставанием во времени переживала влияние всеобщих тенденций постмодернистского историзма. «Самарский стиль» нельзя рассматривать как самобытный, опираясь на размышления А.С. Щенкова о разных тенденциях в отношении к наследию. Распространённые исторические реминисценции имеют вид «схематических знаков, симулякров, якобы поддерживающих традицию» [4, с. 279].

Свободное отношение к эклектичной архитектуре в 2000-х гг. вызывает активную «надстройку» памятников, когда от старых зданий сохраняется только фасад, и то не как в Европе подлинный, а перебранный и воссозданный в упрощенном виде. Над ним возвышается современное высотное здание (например, гостиница на ул. Садовой, офисный центр «Бэл Плаза» на ул. Молодогвардейской, жилой комплекс «Ступени» и «Степ Грин Хаус» в квартале 111 и др. Грандиозный размах присущ проекту реконструкции кварталов №75, 76, 91. Это место с градостроительных позиций можно считать «воротами» в старый город, однако проект развития этой территории вызвал массу дискуссий в профессиональной среде. Таким образом, за 15 лет с начала XXI в. происходит *изменение* масштаба застройки исторического центра города Самары в 5-10 и более раз.

В 2014 г. от фрагментарного обновления архитектурно-исторической среды в Самаре был осуществлен переход к комплексным проектам реновации. Первый проект планировки территории (далее ППТ) был разработан для стрелки рек Волги и Самары. Проект охватывал территорию десяти кварталов города, которые относятся к «Древней Самаре» и «Дорегулярной Самаре» и обладают наиболее ценным культурным слоем. На этой территории

находились крепости «Самарский городок» 1586 г. и «Земляная крепость» 1706 г. Социальная активность этого района города в настоящее время снижена, центр города оказался значительно смещен. Застройка этой территории выполнена преимущественно по образцовым проектам, её техническое состояние неудовлетворительное. Разработчиком ППТ стал Ленгипрогор, благодаря которому в свое время в регионе появились мощные градостроительные ансамбли города Тольятти. На территории большинства кварталов предлагается жилая социальная застройка до девяти этажей, в результате которой в этом уникальном для города месте появится очередной спальный район. В границах первой деревянной крепости планируется разместить новый торговый центр, подобный тем, что возникали на свободных территориях в пригородах американских мегаполисов в 1970-е гг. На месте второй земляной крепости предполагалась многоуровневая транспортная развязка. В месте, где ранее была Болдырская слобода, предусмотрен бизнес-центр. На самой стрелке двух рек к чемпионату мира по футболу 2018 г. пытались разместить стадион, но позднее из-за прогнозируемого транспортного коллапса принято решение занять это место тремя абсолютно разнородными функциями: школы, конгресс-центра и дворца бракосочетаний. Эти объекты должны «ужиться» на песчаном острове, получаемом в результате ничем не обоснованного восстановления рукотворного канала – «Самарской перебоины», которая некогда существовала для защиты самарской крепости. Несмотря на протесты профессиональных сообществ и жителей, проект планировки и проект межевания утверждены в 2015 г.

Положительным можно считать тот факт, что в ходе подготовки площадки земляной крепости под строительство многоуровневой развязки в 2014 г. археологами были обнаружены конструкции деревянных тарасов (срубов), служащих укреплению земляного вала. Очертания земляной крепости по сей день хорошо сохранились в планировке города, а территория с раскопами – свободна и могла бы стать музеем под открытым небом. Однако первая реакция – предложение перенести остатки крепости, затрудняющие дальнейшую реализацию проекта. Включение в полемику профессионального сообщества позволило придать памятнику статус объекта культурного наследия федерального значения. Представления о крепости как символе государственности и консолидированной власти были использованы как серьезный аргумент в пользу её сохранения [5].

Если считать проект масштабной утопией, внедряемой в провинциальную среду архитекторами

Ленгипрогора, то видение самарских архитекторов, судя по разработанным для стрелки рек Волги и Самары, а также для пос. Шмидта инициативным проектам А. Пашина, отличается особым прагматизмом и стремлением к интенсивному использованию территорий. Проект является типичным свидетельством сложившегося менталитета, оправдывающего утраты «старого» во имя лучшего «нового». Предлагаемые новые районы, замкнувшие исторический центр, оказываются абсолютно инертными по отношению к старому городу и говорят о низком уровне *градостроительной культуры* молодых архитекторов и градостроителей, выражающих интересы застройщика, а не профессионального сообщества. Подобные проекты могли иметь большие основания для развития в пригородной зоне Самары.

На фоне интенсивного развития города, уплотнения и повышения этажности застройки продолжает развиваться *охранная деятельность*, полностью подчиненная задачам градостроительного развития территорий. С 2008 г. в соответствии с новым федеральным законом об объектах культурного наследия Ф3-73 и Положением о зонах охраны начинается разработка по сути индивидуальных зон охраны относительно каждого из объектов культурного наследия. Первые 88 проектов были составлены в 2010 г. для Самары Санкт-Петербургской организацией ОАО «РосНИИПИУрбанистики». К 2013 г. по официальным данным Управления охраны культурного наследия Самарской области их общее число достигло 467, в то время как на охране находилось 1246 объектов [6, с.7]. То есть около 38 % памятников получили свои зоны охраны, которые неоднократно накладывались друг на друга, имели различные высотные ограничения, и разобраться с тем, какой именно режим является приоритетным, было порой весьма сложно. Зонами регулирования был охвачен практически весь исторический центр города, но и это не изменило ситуацию. Силуэт города продолжает изменяться, получает распространение точечная застройка, требующая при максимальном выходе жилой площади минимальной площади участка. Застройка на территории ближайшего и дальнего рабочего пригорода достигает 18 и более этажей (например, застройка по ул. Арцыбушевской).

Один из крупнейших в Самаре проектов обновления архитектурно-исторической среды был запущен в 2016 г. некоммерческой организацией Самарский областной фонд жилья и ипотеки (СОФЖИ) для пяти кварталов №75, 76, 77, 90, 91 исторического центра (ГУП СО «ТеррНИИГражданпроект», ООО «ОКТОГОН», ООО «ГМ «Рекон»). В основе проекта реновации – *прагматичный подход*, который на фоне

«купеческого менталитета» вызвал не свойственное ранее городской морфологии деление кварталов на лоты – земельные участки, обеспеченные инженерной инфраструктурой с памятниками, реставрация которых служит обременением будущих застройщиков. Для каждого лота разработаны четкие функциональные, объемно-планировочные и иные градостроительные регламенты. Квартал в среднем делится на 9 лотов. Экономика проекта не рассчитана на размещение такого объекта социальной инфраструктуры, как школа, а детские сады планируются в первых этажах зданий. В этом смысле проект мало чем отличается от всего того, что до настоящего времени создавало проблемы на территории исторического центра Самары.

В проекте «Пять кварталов» развивается заложенная ещё в генеральном плане Самары 2008 г. концепция дифференцированных по красной линии и внутри кварталов регламентов застройки, однако высотные параметры сильно завышены даже в сравнении с неутвержденными ПЗЗ 2014 г. Так, по красной линии предполагается застройка до 5 этажей, во внутриквартальном пространстве – до 11 этажей. Последнее значительно превышает высотность, предлагаемую в ПЗЗ, разработанных в 2014 г. 39 объектов культурного наследия, расположенных на территории кварталов, должны быть реставрированы за счет инвесторов, приобретающих право аренды и застройки участка на аукционе. Средства от аукционов пойдут на развитие каждой последующей площадки, в частности на отселение и обеспечение инженерными коммуникациями. Предполагаемая новая застройка типизированная, микрорайонного типа и не соответствует статусу центра. Кроме памятников, в структуре кварталов располагается много ценной застройки, которая формирует *целостность* архитектурно-исторической среды города, но по проекту предполагается к сносу. Таким образом, данный проект сдвигает границы целостной исторической застройки города с ул. Красноармейской до ул. Л.Толстого.

В 2015 г. возвращается в российское законодательство понятие «групповые зоны охраны» в интерпретации «объединенные зоны охраны»¹. Однако этот возврат происходит на фоне отхода от парадигмы *градостроительной охраны* в сторону *управления изменениями* и, прежде всего, процессами обновления архитектурно-исторической среды. Если групповые охранные зоны разрабатывались в масштабах города

¹ Понятие «объединенные зоны охраны» (ООЗ) использует еще в 2000-е гг. Г.П.Боренко при разработке проекта «Зон охраны историко-культурного наследия Санкт-Петербурга». Это понятие служит признанию всей территории исторического центра города градостроительным памятником [7].

и были связаны со стратегией его развития, то объединенные зоны охраны охватывают локальные фрагменты среды, которые предполагаются к развитию. Первый подобный проект был разработан в 2015 г. для четырех кварталов №17, 18, 21, 22 в целях развития многоэтажной секционной застройки квартала №21, расположенного в пределах территории «Дорегулярного города» (ООО «Центр культурных исследований и экспертиз», Москва).

Выводы. Целостность архитектурно-исторической среды сохраняется исключительно в пределах «Губернской Самары». Новостройки появляются на территории «Дорегулярного города» и «Уездной Самары». На территории ближнего и дальнего рабочих пригородов новая застройка осуществляется целыми кварталами. Зоны охраны устанавливаются исключительно в пределах исторического центра. За его пределами, где представлена архитектурно-историческая среда советского периода, наследие практически не охраняется. Исключение составляет «Фабрика-кухня», работы по восстановлению которой под давлением профессионального сообщества начались в 2016 г. Возвращение Самаре статуса исторического города пока не предполагается, что обосновывается отсутствием необходимой давности архитектурно-исторической среды. Итак, архитектурно-историческая среда самарского мегаполиса развивается по «американскому варианту» и стремительно преобразуется новой, в большинстве случаев, высотной застройкой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лендер Н. Волга. Очерки и картины. СПб.: Издание пароходного общества «Самолет», 1889. 260 с.
2. Каракова Т. В., Ребайн Т.Я. Некоторые вопросы территориального развития городских центров // Вопросы формирования планировочной структуры расселения: сб. н.тр. Куйбышев: КГУ, 1983. С. 142–146.
3. Сапожникова И.В. Архитектура Самарской губернии. 160 творческих лет – взгляд сквозь года. Самара: Издательский дом «Агни», 2012. 160 с.

Об авторе:

ВАВИЛОНСКАЯ Татьяна Ивановна

кандидат архитектуры, доцент, заведующая кафедрой реконструкции и реставрации архитектурного наследия Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: baranova1968@rambler.ru

4. Вопросы теории архитектуры: Архитектура и культура России в XXI веке / под ред. И.А.Азизян. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 472 с.

5. Севан О.Г., Ильвицкая С.В. Кремль в структуре российского города: социокультурные функции // Обсерватория культуры. М., 2005. № 3. С.78–83.

6. Анализ деятельности по осуществлению государственного надзора за состоянием, содержанием, сохранением, использованием, популяризацией и государственной охраной объектов культурного наследия // Управление государственной охраны объектов культурного наследия Самарской области. Самара, 2016. 16 с.

7. Боренко Г.П. Разработка режимов реконструкции фрагментов исторического центра Санкт-Петербурга методом историко-градостроительной экспертизы // Градостроительство в век информатизации: сб.науч. статей РААСН. М.: УРСС, 2002. С. 135–137.

VAVILONSKAYA Tatiana V.

PhD in Architecture, Associate Professor, Head of the Reconstruction and Restoration of architectural Heritage Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: baranova1968@rambler.ru

Для цитирования: Вавилонская Т.В. Архитектурно-историческая среда в условиях динамично развивающегося мегаполиса // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 93–98. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.16.
For citation: Vavilonskaya T.V. Architectural and historical environment under conditions of a dynamically developing megapolis // Urban construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 93–98. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.16.

Е.М. ГЕНЕРАЛОВА

ИНТЕГРАЦИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В ИСТОРИЧЕСКУЮ СРЕДУ

INTEGRATION OF HIGH-RISE BUILDINGS IN HISTORICAL ENVIRONMENT

Рассматриваются процессы урбанизации, связанные с непрерывной трансформацией городской ткани, с целью повышения её эффективности в соответствии с меняющимися требованиями к качеству среды обитания. Поднимаются актуальные вопросы определения методов взаимодействия в городской среде различных исторических слоёв. Раскрываются приёмы и средства интеграции старого и нового на примере формирования современных высотных комплексов с включением в их структуру исторических объектов. Для научного обоснования критериев интеграции сложившейся застройки и нового строительства в условиях «вертикального роста» города вводится понятие «метод гибридизации», в соответствии с которым связь старого и нового опирается на принципы взаимодополняющего взаимодействия. Представлены примеры эффективной интеграции высотной застройки и исторических зданий с всесторонним анализом градостроительных, объёмно-планировочных, социально-экономических, демографических, экологических, технологических и других факторов.

Ключевые слова: урбанизация, высотные здания, историческая среда, адаптивная архитектура, контекстуальное проектирование

Современный вектор развития высотного строительства направлен на поиск новой типологии небоскребов, способных стать решением самых острых проблем нашего времени, включая стремительный рост численности населения на планете, интенсивную урбанизацию, социальные, политические и экономические трансформации в обществе, изменение климата и деградацию окружающей среды. Передовые мировые тенденции развития городов направлены на уплотнение городской среды за счёт роста по вертикали, что обеспечивает уменьшение потребления земельных ресурсов и сокращает расходы на строительство и эксплуатацию по сравнению с горизонтально рассредоточенным городом [1–5]. Высотное здание, как эффективное средство повышения плотности городской среды, должно отвечать целому ряду критериев, среди которых ключевыми являются: многофункциональность (способность к реализации множества функций, оказывающих влияние на уровень и качество жизни человека); развитие по вертикали городских функций, традиционно привязанных к наземному уровню (транспортные узлы, пешеходные связи, рекреационные пространства, озеленение и т.п.); экологичность; энергоэффективность; продвижение тех-

The article views the urbanization processes which are linked with continuous transformation of city for increasing of its effectiveness in accordance with requirements to the environment. The actual questions of the method of interaction of different historical layers in urban environment are broached. The methods and means of integration of old and new are discovered on the example of design of modern high-rise complexes with their inclusion into historical objects structure. For scientific justification of criteria of integration of existing buildings and new development in terms of vertical urban growth the concept of «hybridization method» is proposed. This method assumes that the relationship of the old and the new is based on complementary interaction principles. The examples of effective integration of high-rise buildings and historic houses are given with a comprehensive analysis of town planning, space planning, social and economic, demographic, environmental, technological and the other factors.

Keywords: urbanization, high-rise buildings, historical environment, adaptive architecture, contextual design

нических инноваций. Провозглашается тезис о том, что современное высотное здание должно восприниматься как продолжение города со всеми его функциями, ориентированного по вертикали и увязанного с местными природно-климатическими условиями и культурными традициями. Подчеркивается, что высотный объект, созданный на основе перечисленных выше критериев, должен иметь уникальный набор характеристик, отвечающих потребностям конкретного места, и не может быть «вырван» из городского контекста для применения на другом участке, в другом городе или стране [6–13].

Для эффективной интеграции высотных зданий в городскую среду необходимо развивать и совершенствовать контекстуальный подход к проектированию, выражающийся в тесном взаимодействии архитектурного объекта с окружающей средой на основе выявления и учёта максимально возможного количества исходных проектных условий. В рамках контекстуального подхода к проектированию становятся чрезвычайно актуальными принципы адаптивной архитектуры, способной модифицировать свои характеристики в соответствии с изменениями условий эксплуатации.

В этой связи встает вопрос о необходимости систематизации накопленных *методов интеграции* высотных зданий в городскую среду в зависимости от разнообразия возможных градостроительных условий. В данной статье рассмотрены вопросы взаимодействия высотной застройки с объектами архитектурного и исторического наследия. Именно эта тема является наиболее острой и обсуждаемой, особенно у противников высотного строительства. Существует мнение, что бесконфликтное сосуществование небоскребов и памятников архитектуры невозможно. Однако современная практика и передовой мировой опыт проектирования и строительства высотных зданий доказывают обратное – грамотная интеграция высотных зданий способствует повышению статуса исторической среды, даёт возможность альтернативного развития территории и более полного использования потенциала охраняемых объектов.

Данный метод интеграции высотных зданий в сложившуюся городскую среду предлагается называть «*методом гибридизации*», так как процессы, происходящие в данном случае, сходны по своей сути с процессом прививки деревьев в ботанике, которая применяется для оптимальной адаптации нового растения (привоя) к имеющемуся виду почвы благодаря старому (подвою), давно укоренившемуся; для придания определенных заданных свойств; для получения обновленных сортов состарившихся деревьев и т.п. В случае с внедрением высотной типологии в историческую среду также происходит взаимодействие старого и нового, контрастно отличающихся друг от друга по своим характеристикам. В итоге, при использовании набора определенных средств, создаётся гармоничное единое целое, в котором история и современность не просто сосуществуют, а активно взаимодействуют друг с другом на равных правах.

Предлагается рассмотреть примеры, подтверждающие вышесказанное. Первый пример – это многофункциональный комплекс «*South Beach*» (Сингапур, 2015 г.) [14]. Он расположен на участке в пределах целого квартала площадью 3,5 га, имеющего важные для Сингапура исторические корни. Это территория бывшего военного лагеря («*Beach Road Camp*»). Его история начиналась в 1930-х гг. со штаб-квартиры Сингапурского добровольческого корпуса. В 1954 г. военный лагерь был преобразован в штаб-квартиру Вооруженных сил Сингапура. После плучения Сингапуром независимости в 1965 г. объект использовался не только как штаб-квартира, но и как база для военной подготовки, здесь размещались несколько военных подразделений. В 1995 г. правительством объявило о том, что военный лагерь будет перемещен на другой участок, так как из-за своего местоположения в центре города данная территория должна более эффективно использоваться. Лагерь был официально закрыт в 2000 г. Блоки 1, 9 и 14, построенные в 1930-х гг. в стиле арт-деко,

а также расположенное рядом с ними здание клуба унтер-офицеров в 2002 г. были внесены в реестр объектов, имеющих значительную архитектурную и историческую ценность и охраняемых государством. В 2007 г. участок был продан для частного коммерческого развития с условием восстановления и сохранения четырех исторических зданий для адаптивного повторного использования (рис. 1).

Комплексное развитие данной территории основано на концепции вертикального роста городской среды, используя принцип «город в саду» («*city in a garden*»). Комплекс создан как естественное продолжение соседнего исторического района, сочетает в себе новое строительство и современные технологии с *сохранением исторических объектов*, инновационную форму зданий с экологически устойчивым дизайном, который вписывается в тропический климат Сингапура и городской контекст, объединяет места для проживания и работы с магазинами, кафе, ресторанами (3000 м² предприятий общественного питания и розничной торговли), гостиницей и новыми общественными функциями, такими как театр, конференц-центр, художественная галерея, музей, пешеходная аллея и др. Проект включает в себя две башни высотой 217,5 м. «Северная Башня» (35 этажей) – это 47 380 м² офисных помещений класса «А». «Южная башня» разделена между отелем на 634 номера и жилой функцией, которая расположена в верхней части на этажах с 23-го по 45-й и включает в себя 190 квартир (с двумя – четырьмя спальными комнатами) и пентхаусов. Площади квартир варьируются от 65,0 до 535,0 м².

При освоении данной территории решается сложная задача бесконфликтного взаимодействия существующей застройки и новых высотных башен. *Интеграция четырех исторических зданий* осуществляется на функциональном, объёмно-планировочном и градостроительном уровнях. Новые функции в исторических объектах распределились следующим образом: в блоке 9 (blocks 9) бывшего военного лагеря разместился зал для приемов «*designer ballroom*», в других блоках – розничная торговля, кафе, рестораны, бизнес-центр отеля и т.п. Наземный уровень комплекса решен как полностью пешеходный, по краям квартала расположены въезды в подземную автостоянку, имеется прямое подключение к станциям метро Esplanade MRT и City Hall MRT. *Основным связующим элементом* отдельных зданий является широкая пешеходная аллея, именуемая «зеленым хребтом». Она проходит через весь комплекс и защищена от экстремальных условий тропического климата ультрасовременным *микроклиматическим навесом*, который имеет уникальную волнообразную форму, состоящую из стальных и алюминиевых жалюзи. *Пешеходная аллея с навесом* – это основные средства интеграции существующих объектов с новой архитектурой. Для объединения разнородных объектов в гармоничное целое используются следующие



Рис. 1. Многофункциональный комплекс «South Beach», Сингапур, 2015 г., 217,5 м
[<http://www.fosterandpartners.com/projects/south-beach/>]

приемы: стилистический контраст – современные формы и конструкции являются фоном, выигрышно оттеняющим архитектурные детали исторических зданий; разные варианты взаимодействия новых и старых конструктивных элементов (от примыкания до поглощения); эффект единого подиума, создаваемый благодаря навесу, в который деликатно вписаны исторические здания.

Необходимо подчеркнуть, что *контекстуальный подход* к проектированию и принципы *адаптивной архитектуры*, лежащие в основе «метода гибридации», должны опираться на технические инновации и стимулировать их развитие и совершенствование. Поэтому следует сказать несколько слов о том, что

помимо выдающейся эстетики все элементы структуры навеса в «South Beach» обеспечивают энергоэффективность и экологичность всего комплекса, формируют комфортную и доступную городскую среду, создают открытое пространство, удобное для использования в любое время суток. Форма навеса неслучайна, она была обусловлена исследованиями движения воздушных потоков, уровня освещенности и температурных колебаний, спроектирована для сбора дождевой воды и комбинируется с целым рядом экологических стратегий, обеспечивает естественную вентиляцию и оснащена фотогальваническими элементами для преобразования солнечной энергии в электричество. Общая экономия электро-

энергии составляет около 17,5 млн. кВт·ч в год, что эквивалентно среднегодовому потреблению примерно 2500 сингапурских квартир. Дождевая вода, собранная с навеса крыши (около 175000 м³ в год), хранится в накопительном резервуаре, прежде чем перераспределяется на несколько водоёмов по всему общественному пространству, используется для орошения более 700 новых деревьев, 10 000 м² кустарников, а также 400 м² зеленых стен. Температура под навесом на 17 °С ниже, чем на открытых пространствах в городе, что соответствует высокому уровню теплового комфорта.

Еще один показательный пример, иллюстрирующий «метод гибридизации», находится в столице Мексики городе Мехико, который представляет собой один из самых густонаселенных мегаполисов в мире. Численность населения в Мехико превышает 20 млн. человек, а географическое положение ограничивает потенциал горизонтального разрастания. Поэтому вертикальное уплотнение городской среды является осознанной стратегией, которая обоснована целым комплексом факторов, включая градостроительные, социальные, экономические, демографические, экологические и др.

Среди высотных зданий, построенных в городе за последние годы, выделяется комплекс «*Torre Reforma*» (2016 г., 56 этажей, 246 м), расположенный на небольшом (2,8 га), но стратегически важном участке, являющемся частью центрального, культурного, исторического и финансового района, в котором проживает около 9 млн. человек. Несмотря на то, что «преобладающая» функция здания – офисная, проектное решение в полной мере отражает концепцию формирования высотного здания как вертикального продолжения городской среды и включает широкий спектр различных услуг: спортивные сооружения, рекреационные зеленые пространства для отдыха, зрительный зал, залы заседаний, кафе, рестораны и розничную торговлю. Башня хорошо связана с городской инфраструктурой, включая две станции метро, автобусные терминалы, несколько общественных велосипедных станций, и интегрирована в сложившуюся застройку с учётом высокой степени доступности обслуживающих функций для горожан.

На территории, отведенной под строительство небоскреба, расположено историческое здание 1930-х гг. Первоначальный план предполагал разрушение этого объекта, но было решено сохранить здание и включить его в структуру инновационной высотной башни. Выбранная концепция интеграции основана не просто на пристройке одного здания к другому. Для того чтобы историческое здание эффективно взаимодействовало с высотной структурой и было экономически целесообразным, оно включено в главный вестибюль, став его органичной частью, а под ним разместился подземный паркинг. На первом этаже расположились торговые площади,

что позволило активизировать жизнь в транзитном общедоступном наземном пространстве. Памятник истории, сохранив свою ценность, выступает в качестве переходного звена от камерного городского масштаба на пешеходном уровне к грандиозной современной вертикальной структуре, формирующей городской силуэт (рис. 2).

Отдельно следует остановиться на мероприятиях, которые были специально разработаны для сохранения исторического объекта и его «вживления» в структуру небоскреба. Чтобы создать условия для возведения подземной части комплекса, историческое здание было временно перемещено со своего места на 18 м в сторону. Для этого потребовалось усилить конструкцию стен и залить в основании мощную монолитную плиту, под которую подвели рельсы. После того как был выполнен новый фундамент комплекса, дом был возвращен в исходное положение.

Конструктивно-планировочное решение башни учитывает градостроительные особенности участка, связанные с размещением на нём исторического здания, а также множество социальных, экономических и экологических факторов. План имеет треугольную форму. Две стены представляют собой бетонную несущую основу с фундаментами, уходящими на глубину до 60 м ниже уровня грунтовой породы, а третья стена – это металлическая диагريدная структура, освобождающая внутреннее пространство от дополнительных колонн. Конструкция безопасна и рассчитана для условий высокой сейсмической активности. Применена система энергоэффективного двойного стеклянного фасада с горизонтальными солнцезащитными элементами. Весь объём небоскреба по высоте разделён на 14 кластеров (по 4 этажа каждый), создающих внутренние микропространства для комфортной работы. «*Torre Reforma*» – это пример устойчивого развития городской среды, получивший сертификат Platinum LEED. Применяемые технологии позволяют добиться экономии 25 % энергии и 30 % воды, происходит 100 % очистка сточных вод, при строительстве использовались на 80 % местные строительные материалы, выбросы углекислого газа сокращаются благодаря автоматизированной системе парковки, обслуживающей 400 автомобилей. Это уникальное здание является одним из самых символических и передовых в мире [15].

Помимо рассмотренных выше вариантов взаимодействия исторических и высотных зданий в инновационных современных «гибридных» комплексах, можно привести пример интеграции разномасштабных объектов в городской среде, уже проверенный временем. Это здание «601 Lexington» (старое название «*Citicorp Center*», 278,9 м, 63 этажа), построенное в Нью-Йорке в 1977 г. Конструктивное решение небоскреба стало настоящим инженерным прорывом и было вызвано необходимостью освободить один из углов участка застройки для возведения нового зда-



Рис. 2. «Torre Reforma», Мехико, 2016 г., 246 м
[<http://www.torrereforma.com/galeria.php?i=en>]

ния церкви на месте старого здания, предназначенного по проекту под снос. Гигантское высотное здание было поставлено на 4 массивные колонны высотой 35 м, расположенные не как обычно по углам, а по центру каждой стороны квадратного в плане здания. В результате такого уникального решения углы вертикальной структуры превратились в консольные свесы размером 22 м. Это освободило наземное пространство не только для строительства церкви как отдельно стоящего здания, не связанного функционально и конструктивно с небоскребом, но и позволило создать чрезвычайно важное для свехплотной вертикальной среды Манхэттена доступное пешеходное общественное городское пространство (рис. 3).

В Сингапуре имеется еще один интересный пример – «*Tan Chin Tuan Mansions*» [16]. В этом «гибридном» комплексе в пределах очень компактного

земельного участка взаимодействуют двухэтажный особняк 1930-х гг. постройки и современный эксклюзивный 20-этажный кондоминиум. Здание, относящееся к колониальному периоду сингапурской истории, на протяжении нескольких десятилетий существовало как частная резиденция семьи известного банкира и филантропа Tan Chin Tuan, находящаяся в тихом районе города. Со временем статус этой территории изменился, выгодное расположение поблизости от главной торговой улицы Сингапура требовало более интенсивного и эффективного использования этого участка. Новая жилая башня была построена непосредственно над историческим зданием, не затрагивая его конструкций, обеспечивая сбалансированное взаимодействие со сложившейся средой и являясь оптимальным фоном, оттеняющим архитектурные детали особняка. В башне располага-

ется всего 18 квартир площадью 364,0 – 369,0 м², по одной квартире на этаже, 2-й и 12-й этажи занимают обслуживающие функции. Восстановленное в первоизданном виде историческое здание используется как центр для проведения деловых и общественных мероприятий фонда, созданного банкиром Tan Chin Tuan в 1976 г., для финансовой поддержки различных социально значимых проектов (рис. 4).

Выводы. Город представляет собой сложную функционально-пространственную систему, динамично развивающуюся в пространстве и во времени. Задача современной архитектуры заключается не только в том, чтобы отвечать на изменяющиеся потребности общества в безопасности, экономичности, гигиеничности, экологичности и т.п., но и эффективно взаимодействовать с различными историческими



Рис. 3. «601 Lexington», Нью-Йорк, 1977 г., 278,9 м
[<http://skyscrapercenter.com/building/601-lexington/648>]



Рис. 4. «Tan Chin Tuan Mansions», Сингапур, 2008 г. [16]

слоями, существующими в любом городе. Приведенные выше примеры показали, что интеграция высотных и исторических зданий имеет значительный потенциал и является эффективным решением проблемы сохранения и использования исторической застройки в современной архитектуре. Высотная структура не будет вступать в противоречие с объектом архитектурно-исторического наследия, если при их интеграции опираться на «метод гибридизации», в соответствии с которым стыковка «старого» и «нового» основана на контекстуальном подходе к проектированию и принципах адаптивной архитектуры. В результате целостность архитектурного объекта вытекает из взаимодополняющих друг друга ценных качеств «старого», несущего в себе атрибуты, необходимые для формирования исторической памяти, и, немислимого без внедрения конструктивных, инженерных, технологических и других инноваций. Всё это делает «гибридный» объект экономически целесообразным и расширяет возможности адаптивного повторного использования исторических зданий в условиях формирования высокоплотной и функционально насыщенной вертикальной городской среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Магай А.А. Архитектурно-композиционные особенности высотных зданий // Академический Вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. 2015. № 4. С. 25–30.
2. Коротич А.В. Актуальные аспекты развития современной высотной архитектуры // Градостроительство. 2013. № 2. С. 49–59.
3. Азатян К.Р., Енгоян А.Р. Проблемы интеграции старого и нового в процессе развития городского пространства // Вестник МГСУ. 2014. № 6. С. 7–16.
4. Гельфонд А.Л. Архитектурная типология в аспекте жизненного цикла здания // ACADEMIA. 2011. № 2. С. 40–47.
5. Генералов В.П., Генералова Е.М. Инновационные решения жилой застройки для условий сдерживания территориального роста городов // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 3. С. 23–28.
6. Генералова Е.М., Генералов В.П. Биоклиматическое направление в проектировании высотных зданий // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн: сборник статей [Электронный ресурс] / АСИ СамГТУ. Самара, 2017. С. 24–27.
7. Колесников С.А. Градостроительные основы формирования высокоурбанизированных многофункциональных узлов городской структуры крупнейшего города // Вестник МГСУ. 2009. №3. С. 25–29.
8. Вавилова Т.Я. Международный опыт реабилитации депрессивных жилых территорий в интересах устойчивого развития // Архитектон: Известия ВУЗОВ. 2015. № 49. С. 4.
9. Генералова Е.М., Солякова Д.Н. Инновационные фасадные системы энергоэффективных высотных офисных зданий // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн: сборник статей [Электронный ресурс] / АСИ СамГТУ. Самара, 2017. С. 28–31.
10. Генералова Е.М., Генералов В.П. Супер-тонкие жилые небоскрёбы в Нью-Йорке как новое направление в типологии высотных зданий // Градостроительство и архитектура. 2016. №4(25). С. 85–91. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.04.16.
11. Генералова Е.М., Генералов В.П., Кузнецова А.А. К вопросу о типологическом разнообразии городского жилья для разных демографических групп // Устойчивое развитие городской среды: сборник статей [Электронный ресурс] / АСИ СамГТУ. Самара, 2016. С. 120–123.
12. Generalova, E., Generalov, V., Potienko, N. Affordable housing under shaping dense vertical urbanism: Cities to Megacities: Shaping Dense Vertical Urbanism. Proceedings of the CTBUH 2016. Council on Tall Buildings and Urban Habitat: Chicago. 2016. С. 650–659.
13. Бальзанникова Е.М. Сохранение внешнего облика исторически ценных городских архитектурных объектов // Приволжский научный журнал. 2015. № 2 (34). С. 141–148.
14. Schnizer R., Gallou I., Davis A., Wah Kam Chia, Weng Hin Ho. South Beach Towers, Singapore, CTBUH Journal, Issue II, 12–19 (2017).
15. Boy J. Case Study: Torre Reforma, Mexico City, CTBUH Journal, Issue I, 12–19 (2017).
16. Tan Chin Tuan Mansions. URL: <http://openbuildings.com/buildings/tan-chin-tuan-mansion-profile-4810> [электронный ресурс] (дата обращения: 13.04.2017).

Об авторе:

ГЕНЕРАЛОВА Елена Михайловна

кандидат архитектуры, профессор кафедры архитектуры жилых и общественных зданий Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: generalova-a@yandex.ru

GENERALOVA Elena M.

PhD in Architecture, Professor of the Architecture of Residential and Public Buildings Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: generalova-a@yandex.ru

Для цитирования: Генералова Е.М. Интеграция высотных зданий в историческую среду // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 99–105. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.17.
For citation: Generalova E.M. Integration of high-rise buildings in historical environment // Urban construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 99–105. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.17.

Т.В. КАРАКОВА
Ю.С. ВОРОНЦОВА

ВИРТУАЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ МЕГАПОЛИСОВ

VIRTUAL ARCHITECTURE OF MEGAPOLIS PUBLIC BUILDINGS

Раскрываются аспекты виртуальной архитектуры как новой философии проектирования, оперирующей идеями совмещения реальной и цифровой (виртуальной) действительности и отказывающейся от традиционной метрики пространства. Рассматриваются новые подходы к организации архитектурного пространства, а также приемы визуального расширения и преобразования пространства с использованием новейших технологий и материалов. Определяются отношения виртуальной и реальной архитектуры в пространстве мегаполисов и возникающие вследствие взаимодействия этих отношений зрительные иллюзии. Анализируются такие проявления в виртуальности, как видео-мэппинг, медиафасады, интерактивные инсталляции.

Ключевые слова: виртуальность, мегаполисы, архитектурное пространство, медиафасады, интерактивность, общественные здания, дигитальность, видео-мэппинг

Современная городская среда представляет собой беспрестанно трансформирующееся явление. При изучении особенностей архитектурной среды крупнейших городов становится очевидна связь между присущими урбанизму процессами виртуализации и глобализации. Трансформируемость оболочек и конструкций зданий в соответствии с изменяющимися потребностями жителей мегаполисов является предпосылкой к формированию виртуальной, цифровой архитектуры. Цифровые технологии сегодня активно используются как при эксплуатации фасада в виде картинной плоскости со сменной экспозицией, так и в организации пространства интерьера общественных зданий со сложными условиями навигации. Современная архитектура приобретает новую форму посредством взаимодействия с окружающей средой: отражает в себе потоки информации и вписывается в окружающее пространство, которое при помощи различных виртуальных приемов полностью преобразуется: например, здание может выполнять роль инсталляции, в которой взаимодействуют многочисленные управляющие устройства, их пользователи и непосредственно среда города.

Архитектура, взаимодействуя с информационной составляющей архитектурной среды, приобре-

The article reveals the aspects of virtual architecture as a new design philosophy, operating an idea of combining of real and digital (virtual) reality and abandoning the traditional space metrics. New approaches to the organization of architectural space, as well as techniques for visual expansion and transformation of space using the latest technologies and materials are considered. The relationship between virtual and real architecture in the space of megacities is determined as well as visual illusions arising from the interaction of these relations. Different manifestations in virtuality as video-mapping, media facades, etc. are analyzed.

Key words: virtuality, megacities, architectural space, media facades, interactivity, public buildings, digitalization, video-mapping

тает новые функции и свойства. Говоря о таких современных технических и технологических достижениях, как информативная, коммуникативная, навигационная и интерактивная функции в архитектурно-средовом проектировании, мы рассматриваем процесс трансляции медиа-технологий в архитектуру, которые, в свою очередь, во многом стимулируют и определяют будущее архитектуры мегаполисов. Мультимедийные и световые проекции, медиафасады, интерактивные инсталляции, кинетические объекты органично интегрируются в пространство крупных городов, наполняя их визуализациями разнообразного информативного содержания. Влияние медиа-технологий прослеживается на различных уровнях архитектурного проектирования – это типология зданий и их функциональная структура, объемно-пространственные и архитектурно-художественные характеристики [1,2].

Ярким примером качественного применения медиафасада является торговый центр Star Place, построенный в 2011 г. в Коасиунге, Южный Тайвань (рис.1). Фасад данного центра состоит из алюминиевых профилей и стеклянных ребер, которые расположены под разными углами, создающих эффект многомерности архитектурного объекта. Светодиод-



Рис.1. Торговый центр Star Place в Коасиунге, Южный Тайвань (2011 г.)

ный медиафасад воспроизводит постоянно меняющиеся пикселизированные паттерны, что позволяет сохранять трехмерный визуальный эффект в ночное время.

Самобытная концепция виртуальной реальности была первоначально предложена не профессиональными архитекторами и философами, а инженерами-компьютерщиками, общественными деятелями, писателями и журналистами. Такое наглядное значение виртуальности, гораздо более доступное, оказало более широкое влияние на современность, чем философское. Неудивительно, что архитекторы, стремясь придать своим проектам актуальность, соотносят их именно с компьютерной виртуальностью.

Виртуальная архитектура – это интерактивная медиа-архитектура взаимодействий внешнего и внутреннего пространств, смотрящая и проектирующая будущее, развитая форма оболочки будущего, обладающая свойством отражения информационных потоков [3,4].

Интерактивность виртуальной архитектуры отражает принцип организации системы, при котором цель достигается информационным обменом элементов этой системы. Для архитектурных объектов такое состояние характеризуется постоянным процессом взаимосвязи с другими объектами и сущностями, это зависимость от их различных состояний [5,6]. В определении этих взаимосвязей большую роль играют характеристики материалов и конструкций, используемых архитекторами в создании авторских объектов. Развитие современных технологий и изучение свойств инновационных материалов создают возможности и предпосылки для поиска новых средств и приемов художественной выразительности в архитектуре. Так, стекло, являясь проводником света, вместе с гелевым заполнением может выполнять функцию дисплея, транслируя на своей полупрозрачной плоскости проецируемые

изображения. Это открывает безграничные возможности для мультимедийных технологий в архитектуре. Помимо этого существует большое количество других визуальных приемов, среди которых расчленение и углубление пространства за счет многократного повторения элементов в определенной математической зависимости (фракталы), использование нанотехнологий [7,8].

Виртуальная архитектура – отражение информационного водоворота, а сама виртуальная реальность может быть отнесена к одному из новых видов визуальных эффектов, когда архитектура становится медиаоболочкой, способной создавать многогранное пространство и формировать за счет медиа-фасада абсолютно новые образы (способ создания динамичной виртуальной архитектуры в вечернее и ночное время).

Так, архитектор Жан Нувель создал небоскреб Торре Агбар в Испании (Барселона, 2005 г.), обладающий эфемерностью, иллюзорностью и непостоянством облика. Для его создания было применено алюминиевое покрытие и жалюзи, покрытые эмалевой краской более чем сорока различных оттенков. Днем небоскреб визуально растворяется в горячей атмосфере города, а ночью превращается в своеобразный средовой аттракцион, словно сотканный из множества цветных световых потоков. Торре Агбар проектировался на границе промзоны и исторической части города, сильно изменив среду – сегодня бывшая депрессивная территория преобразована в развитый, инвестиционно привлекательный район. Оценивая этот проект, Нувель замечает, что следует проектировать не объект, а событие, меняющее мир, которое остается при этом почти дематериализованным и иллюзорным. Под дематериализацией в данном случае подразумевается диверсия, которая перенаправляет восприятие явлений от материаль-

ного к нематериальному, а деятельность по созданию пространства не материального, а скорее – ментального и абстрактного [9–11].

Проявление использования принципов виртуальности в современной архитектуре может быть проиллюстрировано концепцией изменения физических и тектонических характеристик здания в такой технологии, как видео-мэппинг, который представляет собой проецирование 3D-изображений на физический объект в городском пространстве. Использование специального оборудования и программного обеспечения адаптирует изображение к реальной среде на стадии программной обработки, что позволяет вписать любой желаемый образ на проекционную поверхность. Ярким примером видео-мэппинга можно назвать проект «Белый символ» в Баку в 2014 г., где сюжетом видео-инсталляции, выполненной командой Nuphotica Visual Performance, стало путешествие по истории искусств Азербайджана с древних времен до наших дней [12–14].

Визуальные эффекты в медиаархитектуре, с помощью которых создается неповторимый образ здания, направлены, кроме того, на создание условий для общения и взаимодействия между людьми, апеллируя к коммуникативной, информационной, навигационной функциям. Отражают сложность и устройства современного общества с многообразием и обилием информации в нем.

В результате появления медиатеchnologies изменился сам процесс архитектурного проектирования, когда автор на этапе создания проекта может построить виртуальную модель здания, рассчитать его физические характеристики, смоделировать внутренние функциональные процессы. Результатом современного творческого процесса стало параллельное существование объектов виртуальной и реальной архитектуры. Такое двухполюсное существование архитектуры стало центром внимания мастеров мировой архитектуры. Как отмечает обладатель Притцкеровской премии 2013 г. Тойо Ито, в результате строительства появится реальное здание, но «к этому моменту появится иная виртуальная среда, созданная при помощи электронных медиа» [15]. Это означает то, что, даже если здание построено, его архитектурная программа в дальнейшем продолжит модификации и трансформации, а функциональная структура будет претерпевать изменения, развиваясь во времени.

Содержательные категории «виртуальность», «медиа», «информационные технологии» лежат в основе нелинейной архитектуры деконструктивизма, параметризма и дигитальности – современных стилей мировой архитектуры, базирующихся на

компьютерном моделировании и программировании, что приводит к появлению новых архитектурных форм.

Как и во все времена, в наши дни в теории и практике архитектуры разворачивается полемика в отношении будущего развития архитектурной формы. Вокруг дигитальной архитектуры ведутся наиболее активные обсуждения. По словам исследователей, это связано с тем, что работа в данном направлении олицетворяет поиск не столько архитектурной структуры, сколько поиск мировоззренческий: путем архитектурной символизации заполняются «пробелы» в отношениях человека и мира как системы отношений микрокосм и макрокосм. Формы дигитальной архитектуры символизируют структуру мира как динамической, самоорганизующейся системы [16].

Нелинейная архитектура – это попытка выйти за пределы евклидовой геометрии рациональных форм, имеющих гладкие поверхности, к криволинейным поверхностям, принципиально несводимым к плоскости как таковой. Уже в 1980-е гг. такие архитекторы, как Питер Эйзенман, Заха Хадид, Френк Гэри, Дэниел Либерскинд, Рем Колхаас и другие плавно перешли от поэтики запутанности и неопределенности к поэтике сложной складчатой топологической связанности, отражающей идею самоорганизации органических структур [17].

Виртуальная архитектура является новой философией проектирования, оперирующей идеями коллаборации реальной и цифровой (виртуальной) действительности и отказывающейся от традиционного восприятия пространства. Новое понимание пространства становится многоуровневым, что позволяет архитекторам проектировать гармоничную среду с учетом потребностей и современных веяний постиндустриального мегаполиса. Внедрение инновационных технологий, помимо комфорта и новых сервисов, должно принести людям ощущение сопричастности процессам развития жизни города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шангареев Р., Конева Е. Архитектура в контексте развития информационных технологий // GISAP. Technical sciences, construction and architecture. 2014. № 2. С. 39–43.
2. Кириллова Н.Б. Медиакультура: от модерна к постмодерну // Академический проект. М., 2006. 448 с.
3. Дуцев М. Особенности формирования архитектуры современных медиапространств [Электронный ресурс] Архитектурный портал АрхиЛюди. 2010. Режим доступа: <http://www.archiludi.ru/?p=573> (дата обращения: 24. 10. 2011).

4. Орзунова О.Э. Виртуальная архитектура. Оболочка будущего // Архитектон: известия вузов. М., 2010. № 30. С. 86.
5. Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие. М.: Прогресс, 1974. 386 с.
6. Арнхейм Р. Динамика архитектурных форм. М.: Стройиздат, 1984. 189 с.
7. Иконников А.В. Пространство и форма в архитектуре и градостроительстве. М.: Комкнига, 2006. 352 с.
8. Каракова Т.В. «Архитектурная психология» и среда города // Приволжский научный журнал. 2012. №3(23). С. 132–134.
9. Бодрийяр Ж. Эстетика иллюзий, эстетика утраты иллюзий // Элементы. 2000. № 9; URL: <http://www.arcto.ru/article/555> (дата обращения: 15.11.2014).
10. Nouvel J., Baudrillard J., Hays K.M. The Singular Objects of Architecture: Jean Baudrillard and Jean Nouvel. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2002.
11. Каракова Т.В., Воронцова Ю.С. Значение визуальных эффектов в коммуникационных пространствах крупных торговых центров // Приволжский научный журнал. Нижний Новгород, 2016. № 2 (38). С. 133–137.
12. Воронцова Ю.С. Визуальная метафора в пространстве архитектуры и дизайна // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации: сб. статей / Инженерная школа Дальневосточного федерального университета. Владивосток, 2016. С. 31–34.
13. Невлютов М.Р. Гиперреальность архитектуры Жана Нувеля. М.: Academia, 2015. №1. С. 5–10.
14. Мутации мегаполиса: из чего будут сделаны города будущего [Электронный ресурс] Бизнес будущего. Режим доступа: <https://republic.ru/biz/1113931/> (дата обращения: 17.05.2017).
15. Костина Д.А. Феномены архитектурного пространства мегаполисов // Архитектон: известия вузов. М., 2010. № 32. С. 58.
16. Дженкс Ч. Язык архитектуры постмодернизма. М., 1985. 136 с.
17. Добрицина И.А. От постмодернизма – к нелинейной архитектуре: архитектура в контексте современной философии. М.: Прогресс-Традиция, 2004. 416 с.

Об авторах:

ВОРОНЦОВА Юлия Сергеевна

ассистент кафедры дизайна
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194
E-mail: yu.vorontsova@gmail.com

КАРАКОВА Татьяна Владимировна

доктор архитектуры, профессор, заведующая кафедрой дизайна
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194
E-mail: t.karakowa@mail.ru

VORONTSOVA Yulia S.

Assistant of the Design Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194
E-mail: yu.vorontsova@gmail.com

KARAKOVA Tatiana V.

Doctor of Architecture, Professor, Head of the Design Chair
Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194
E-mail: t.karakowa@mail.ru

Для цитирования: Каракова Т.В., Воронцова Ю.С. Виртуальная архитектура общественных зданий мегаполисов // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 106–109. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.18.
For citation: Karakova T.V., Vorontsova Yu.S. Virtual architecture of megapolis public buildings // Urban construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 106–109. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.18.

Д.В. ЛИТВИНОВ

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АЭРОФОТОСЪЕМКИ ПРИ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОМ АНАЛИЗЕ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

MODERN METHODS OF AERIAL PHOTOGRAPHY FOR ARCHITECTURAL
AND PLANNING ANALYSIS OF CULTURAL HERITAGE OBJECTS

Представлены результаты выполненных научно-исследовательских работ крупномасштабного объекта культурного наследия Земляного вала Красноярской крепости с применением в исследовании аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата. Красноярская крепость является уникальным памятником военного фортификационного зодчества России первой половины XVIII столетия и одной из крупнейших в России оборонительных линий, созданных для защиты юго-восточной окраины европейской России от нападений кочевников. Результаты плановой и перспективной аэрофотосъемки позволили выявить общую архитектурно-планировочную композицию Земляного вала крепости, одновременно увидеть всю территорию комплекса и определить территориальное единство с другими фортификационными сооружениями. Методические приемы использования беспилотных летательных аппаратов позволили получить материалы об исследуемом объекте, привязать его пространственное местоположение к системе координат местности, создать трехмерную модель территории, сопоставить полученные изображения с имеющимися историческими картами и планами, существенно облегчить задачу по постановке на учет в охранные органы и выводу его территории из хозяйственного использования.

Ключевые слова: реконструкция, плановая и перспективная аэрофотосъемка, беспилотные летательные аппараты, аэрофотосъемка, мультикоптеры, Земляной вал Красноярской крепости

Архитектурно-планировочный анализ объекта культурного наследия является наиболее трудоемкой и важной составляющей процесса подготовки его к реставрации. Очень часто этот этап рассматривается как основной, поскольку он позволяет перевести полученную информацию об объекте на профессиональный архитектурный уровень и дать исчерпывающее представление не только о виде памятника, но и о всех его размерах. Полученные в процессе архитектурно-планировочного анализа обмерные чертежи служат подосновой для разработки проекта реставрации [1–3].

Большие сложности возникают при проведении архитектурно-планировочного анализа круп-

In the article the results of research works of a large-scale object of cultural heritage of the Earth mound of the Krasnoyarsk fortress with application of aerial photography from the unmanned aerial vehicle are presented. The Krasnoyarsk fortress is a unique monument of military fortification architecture of Russia of the first half of the XVIII century and one of the largest defensive lines in Russia, created for protection of the southeastern edge of the European Russia against attacks of nomads. The results of vertical and oblique aerial photography allow to reveal the general architectural and planning composition of the Earth mound of fortress as well as to see all the area of a complex and to define the territorial unity with other fortification constructions. The methods of use of unmanned aerial vehicles give materials about the object in study and allow to bind its spatial location to the coordinate system of the terrain, to create three-dimensional model of the area, to compare the received images with the available historical cards and plans, which will significantly facilitate the task of registering the Fortress with the security authorities and withdrawing its territory from economic use.

Keywords: reconstruction, vertical and oblique aerial photography, unmanned aerial vehicles, aerial photography, multicopters, earth mound of the Krasnoyarsk fortress

ных объектов культурного наследия из-за их больших размеров и точного определения на местности.

За последнее десятилетие в предварительных исследованиях в сфере реставрации архитектурного наследия широкое распространение получили беспилотные летательные аппараты, позволяющие делать работу наиболее результативной. В этом направлении одной из перспективных технологий, использующихся в реставрационной практике для получения наиболее полного пространственного представления об объекте культурного наследия, является аэрофотосъемка с применением дронов (от англ. drone – трутень), квадрокоптеров, мультикоптеров – это летательные аппараты, построенные

по вертолётной схеме с тремя и более несущими винтами.

Первый четырехроторный вертолет, он же квадрокоптер, был создан Георгием Ботезатом в 1922 г. (рис. 1). Георгий Александрович Ботезат – русско-американский авиаконструктор, учёный, изобретатель и математик, построивший один из первых вертолётов (рис. 1).



Рис. 1. Вертолёт Ботезата, 1922 г. Архив Минобороны России

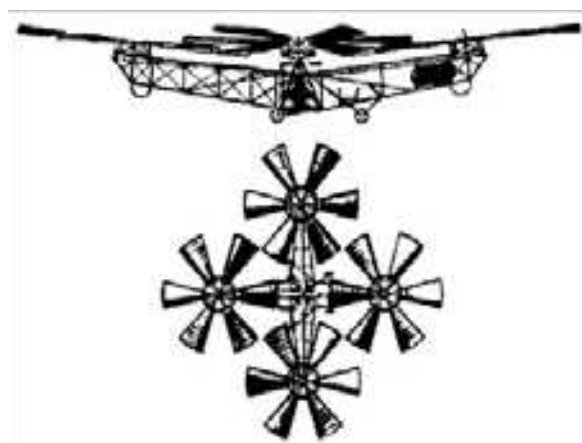
точно определить в ландшафте слабо заметные очертания и остатки древних построек, которые не удастся обнаружить обычными наземными способами съемки, а также осуществить точную и объективную фиксацию, необходимую для выполнения обмерных чертежей.

Полученные материалы могут оказаться единственными объективными документами, на которых с фотографической подробностью и точностью может быть зафиксирован объект культурного наследия и его расположение на момент съемки [3]. Особенно затруднено восстановление планировки больших объектов культурного наследия, подвергшихся губительному воздействию времени и погребённых под слоем разрушения. При изучении таких памятников аэрофотоснимок является важнейшим, а в отдельных случаях единственным источником изучения планировки как объекта в целом, так и отдельных его частей [4].

Так, например, весьма эффективными при архитектурно-планировочном анализе оказались результаты аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата объекта культурного наследия «Земляной вал Красноярской крепости», расположенного в Самарской области, Красноярском районе, селе Красный Яр.

Красноярская крепость была построена в 1731-1736 гг. для защиты русских поселенцев от набегов калмыков, башкир и входила в состав Новой Закамской линии – уникального памятника военного фортификационного зодчества России первой половины

Применение аэрофотосъемки с дронов дает большое преимущество в архитектурно-планировочном анализе крупных объектов культурного наследия по сравнению с аэрофотосъемкой, выполненной с самолёта, которая наиболее дорогостоящая и предназначена для крупномасштабных работ. Аэрофотосъемка, выполненная с дронов, позволяет более



XVIII столетия, одной из крупнейших в России оборонительных линий, созданных для защиты юго-восточной окраины европейской России от нападений кочевников (рис. 2). Она состояла из совокупности отдельных фортификационных сооружений – крепостей, фельдшанцев, редутов, соединенных между собой засеками, валом и рвом. Вся эта непрерывная система укреплений протянулась примерно на



Рис. 2. Красноярский оборонительный комплекс. Проект 1734 г. Архив <http://туряр.рф>

240 км – от реки Самары (при впадении в нее Большого Кинеля), до реки Кичуй.

В планировании и создании оборонительной черты отразились особенности тогдашней фортификационной науки, когда механическое восприятие теории западных военных инженеров нередко не соответствовало действительным нуждам обороны южных и юго-восточных границ государства.

Руководили строительством Новоказамской линии и Красноярской крепости Ф. В. Наумов и военный инженер генерал-поручик И. А. Бибииков (рис. 3).

Земляной вал Красноярской крепости в плане представляет прямоугольник, близкий к квадрату,



Рис. 3. Генерал-поручик
И. А. Бибииков

Красноярская крепость являлась самым мощным оборонительным пунктом из всех вновь построенных по укрепленной линии. По численности гарнизона (четыре роты конной ландмилиции и одна пехоты) она превосходила даже Черемшанскую крепость (три роты конницы и одна пехоты).

Внутри Красноярской крепости было построено 64 избы. В каждой размещались 10 человек военных, не считая членов их семей, в итоге получалась изба-казарма. В случае нападения противника в крепости мог разместиться гарнизон численностью более 500 человек.

В конце 1735 г. в Красноярском поселении проживало несколько тысяч человек. Здесь были церковь, штаб, дома для офицеров и священников, кузница, караульная, магазин, пороховой погреб, колодец и много других хозяйственных и административных построек [6].

В настоящий момент на территории бывшей крепости размещается многофункциональный спортивный комплекс со следующими строениями: здание проката, спортзал, детская игровая площадка, поле для минифутбола, хоккейная площадка, бего-

противоположными углами примыкавший к оборонительной линии. Все четыре угла оборонительного сооружения увенчиваются бастионами. На одной из внешних сторон Красноярской крепости находится рavelин. Вокруг рва шел покрытый путь с гласисом, на восходящих и исходящих углах сделаны плацдармы. Все бастионы крепости пусты. Внешняя сторона (экстериор) полигона Красноярской крепости достигала 125 сажен (около 267 м). Наружная и внутренняя крутости земляного вала были укреплены дерном. Высота наружной крутости составляла 15 футов (около 4,6 м). В системе укреплений имелось несколько въездов (рис. 4).

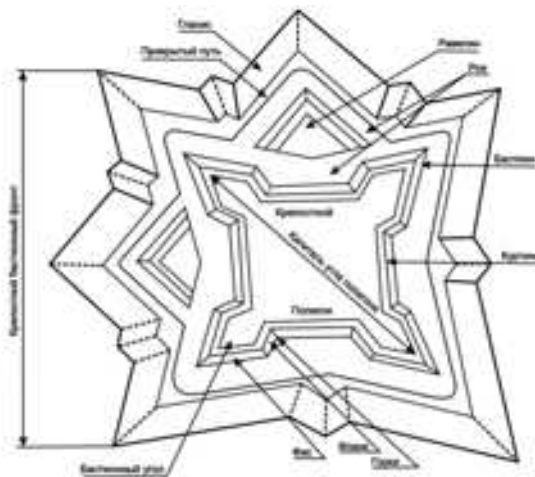


Рис. 4. Основные компоненты крепостей и фельдшанцев
Новой Закамской линии [5]

вая дорожка, футбольное поле, сектор для прыжков в длину, сектор для метания гранат и прочие вспомогательные сооружения.

Исследование Красноярской крепости с воздуха производилось в весенний период года, когда растительность еще не скрыла конфигурацию объекта в виде земляного укрепления, состоящего из линии вала и рва, имеющих прямоугольную в плане форму с четырьмя бастионами и полевым укреплением – рavelином треугольной в плане формы.

Именно на данном этапе аэровизуальных наблюдений и фотографирования с воздуха была получена наиболее полная информация о планировке уникального памятника военного фортификационного искусства России первой половины XVIII столетия. Во время исследования крепости производилась перспективная и плановая аэрофотосъемка с высоты 150–200 м и было сделано несколько десятков плановых перспективных аэрофотоснимков. При этом фотографирование производилось как по солнцу, так и против солнца при небольшом наклоне камеры беспилотного летательного аппарата в сторону фотографируемого объекта. Это дало возможность

выявить общую архитектурно-планировочную композицию изучаемого объекта, при этом особенно отчетливо прослеживалась линия вала и рва, покрытая дерном.

В процессе исследования степени утрат первоначального физического облика объекта было установлено, что земляная крепость имеет 5 % утрат (первоначальный внешний облик объекта изменен несильно, сохранилась конфигурация крепости с четырьмя бастионами, контуры земляной крепости сглажены), рavelин – 5 % утрат (сглаживание контура полевого укрепления). Деловой двор, где стояли изба и кузница, магазин для инструментов и материалов, сарай, утрачены на 100 % (постройки внутри крепости не сохранились). Земляной вал в передачах села утрачен на 100 % (отходивший с двух сторон от крепости сплошной земляной вал с редантами утрачен в пределах села). Земляной вал за пределами села утрачен на 70 % (сохранились значительные по протяженности участки земляного вала с редантами и фельдшпанцами, отходящие в северо-восточном направлении от Красноярской крепости в сторону Сергиевской крепости). Сплошная линия вала и рва начинается за с. Хорошенькое, с противоположной стороны от дороги на Урал, параллельно трассе данной дороги. Общее состояние земляного вала Красноярской крепости оценивается как удовлетворительное, несмотря на то, что крупные объекты культурного наследия наиболее интенсивно подвержены разрушению.

В процессе архитектурно-планировочного анализа объекта культурного наследия Земляного вала Красноярской крепости основным источником обзорной информации являлись аэрофотоснимки с беспилотного летательного аппарата, космическое изображение и натурные обследования. Материалы плановой аэрофотосъемки по точности и полноте превосходят все данные, полученные при любых способах наземной топографической съемки. Аэрофотоснимок дает возможность одновременного обозрения большой территории в плановом изображении (изображение, близкое к ортогональной проекции), поэтому скрытые землей или растительностью участки логически дополняют видимые контуры [3].

Главным при производстве аэрофотосъемки являются выбор и соблюдение оптимальных условий фотографирования. Поэтому она производится по определенной методике, предусматривающей использование выгодного освещения объекта, выбор сезонного и суточного времени съемки, температурно-влажностного режима, скорости и направления ветра, высоты полета беспилотного летательного аппарата [3].

Проведенные архивные и документальные исследования Красноярской крепости показали, что специальные съемки с самолетов практически не выполнялись, так как размеры объекта культурного

наследия незначительны по площади и заказная аэрофотосъемка оказывалась чрезмерно дорогой.

Таким образом, предложенные методические приемы использования беспилотных летательных аппаратов и полученные с их помощью предварительные материалы разведки местности позволяют составить объективное представление об исследуемом объекте, точно определить и привязать его пространственное местоположение к системе координат местности, создать трехмерную модель территории, сопоставить полученные изображения с имеющимися историческими картами и планами [7,8]. Все эти приемы позволяют выявить общие закономерности в расположении и структуре объекта исследования, что позволяет существенно облегчить задачу по постановке на учет в охранные органы и выводу его территории из хозяйственного использования [9–12].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вавилонская Т.В. Стратегия обновления архитектурно-исторической среды: монография / СГА-СУ. Самара, 2008. 368 с.
2. Басс Н.И. Технология реставрации и консервации объектов культурного наследия / СГА-СУ. Самара, 2011.
3. Орлова Н.А., Орлов Д.Н. Семиотика поверхности в ландшафтном проектировании и благоустройстве // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 69-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР / СГА-СУ. Самара, 2012. С. 433–434.
4. Халиков А.Х., Игонин Н.И. Аэрофотосъемка крупных археологических объектов // Научные обзоры и сообщения. 1974. №7. С. 67.
5. Дубман Э.Л. Новая Закамская линия: судьба, проект, строительство: монография. Самара: Самарский гос. ун-т, 2005. 300 с. Изд. второе, испр. и доп.
6. Нзехи Мухсен Азиз. Разработка концепции и технологии аэрокосмического мониторинга архитектурно-археологических объектов: автореферат дис. ...кандидата технических наук / Московский ун-т геодезии и картографии (МИИГАиК). М., 2009. 300 с.
7. Литвинов Д.В. Современные методы аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов при обследовании и реставрации памятников архитектуры // Приволжский научный журнал. 2015. № 4 (36). С. 113–117.
8. Литвинов Д.В. Современные методы аэрофотосъемки при архитектурно-планировочном анализе городской территории // Градостроительство и архитектура. 2015. № 1 (18). С. 35–41. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.01.6.

9. Быков А.Л., Костюк А.С., Быков В.Л. и др. Применение материалов аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата для картографического обеспечения археологических работ // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX международный научный конгресс 15-26 апреля 2013 г.: сборник материалов Международ. научн. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология. Т.1. Новосибирск, 2013. С. 80–86.

10. Батраков Ю.Г., Скубиев, Каширкин С.И. Опыт аэрофотосъемки земельного участка беспилотным летательным аппаратом // Геодезия и картография. 2010. № 8. С. 42–47.

11. Хлебникова Т. А. О создании цифровых ортофотопланов по материалам аэрофотосъемки для территориального кадастра // Геодезия и картография. 2001. №5. С. 23–26.

12. Костюк А. С. Особенности аэрофотосъемки со сверхлегких беспилотных летательных аппаратов // Омский научный вестник. Серия: Ресурсы Земли. Человек. Омск, 2011. № 1 (104). С. 236–240.

Об авторе:

ЛИТВИНОВ Денис Владимирович

кандидат архитектуры, профессор кафедры реконструкции и реставрации архитектурного наследия Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел.(846)333-38-44
E-mail: Litvinov-dv@mail.ru

LITVINOV Denis V.

PhD in Architecture, Associate Professor of the Reconstruction and Restoration of Architectural Heritage Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. (846)333-38-44
E-mail: Litvinov-dv@mail.ru

Для цитирования: Литвинов Д.В. Современные методы аэрофотосъемки при архитектурно-планировочном анализе объектов культурного наследия // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 110-114. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.19. For citation: Litvinov D.V. Modern methods of aerial photography for architectural and planning analysis of cultural heritage objects // Urban construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 110-114. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.19.

**Д.Н. ОРЛОВ
Н.А. ОРЛОВА**

«ТЕОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ» А.И. НЕКРАСОВА В КОНТЕКСТЕ ФИЛОСОФИИ ПРОСТРАНСТВА

**«THEORY OF ARCHITECTURE» OF A. I. NEKRASOV
IN THE CONTEXT OF THE PHILOSOPHY OF SPACE**

Дается краткий обзор основных философских и культурологических подходов к проблеме пространства. Выделяются три версии интерпретации проблемы пространства – утопическая (или гипотетическая), нормативная, рефлексивная. Подчеркивается особое значение профессионального архитектурного дискурса по этой теме как одного из наиболее полных. Рассматривается произведение А.И. Некрасова «Теория архитектуры», в котором представлена целостная, подробная, допускающая экстраполирование на новом историческом материале, концепция эволюции архитектурной формы и пространства. Анализ работы Некрасова дан в контексте современных ему философских концепций. Выдвигается предположение об общекультурном междисциплинарном значении работы Некрасова с целью вовлечения архитектурной теории в общекультурный дискурс с привлечением в первую очередь культурологов и философов.

Ключевые слова: теория архитектуры, теория пространства, архитектурное пространство, искусственная среда, антропогенное пространство, граница и объект

The article gives a brief overview of the main philosophical and cultural approaches to the problem of space in architecture. There are three main approaches – utopian (or hypothetical), normative, and reflective. The importance of professional architectural discourse on the subject as one of the most complete is emphasized. The famous work of A. Nekrasov "Theory of architecture" which presents a holistic, detailed, allowing extrapolation of new historical material, the concept of evolution of architectural form and space is discussed. Analysis of the work of Nekrasov is given in the context of his philosophical concepts. The assumption about cultural interdisciplinary importance of the work of Nekrasov is put forward with the aim of involving architecture into the general cultural discourse of culturologists and philosophers.

Keywords: Theory of architecture, theory of space, architectural space, artificial environment, anthropogenic space, boundary and object

Спецификой проблемы восприятия антропогенного, созданного человеком пространства является сложность субъектно-объектных отношений. «Вторая», искусственная природа – результат опредмечивания деятельностных и духовных потребностей человека, в определенном смысле это отражение его самого. Познавая закономерности рукотворного пространства, человек рефлексивирует, считывает координаты онтологического самоосознания. Вновь распредмечивая созданное, он уже не познает объективные свойства предметов и их отношений, а интерпретирует познанные ранее. Необходимо строго разделять варианты оппозиции «субъект-объект», так как в данном случае возможно множество позиций субъекта и, соответственно, вариантов объективных отношений.

Очевидно, способ этого прочтения напрямую зависит от позиции субъекта по отношению к действительной и смысловой нагруженности пространства.

В случае кантианского абсолютного познающего субъекта – позиции чистого разума – чистота субъектно-объектных отношений сохраняется. Для сознания, не детерминированного традицией

и практической деятельностью, т.е. тем смысловым полем, материальное закрепление которого и определяет специфику рукотворного мира, объекты этого мира не более познаваемы, чем природные.

Если субъект – абстрактный член социума, то его восприятие обусловлено способом бытия в пространстве, историческим самосознанием, присущим этому социуму. В данном случае не будет большой натяжкой сказать, что в роли субъекта выступает само общество – социальная группа, страта, класс, жители города, страны или все человечество. Человек, воспринимающий и создающий «вторую природу» с этой субъектной позиции, – человек вообще, обладающий всеми знаниями и умениями человечества, всеми его духовными потребностями. Именно о таком «человеке» писал Ортега-и-Гассет: «...он вносит себя в «другое», энергично и властно проецирует самого себя на все вокруг, делая так, чтобы «другое» – мир – постепенно превращалось в него самого. Так происходит гуманизация мира, его обогащение идеальной человеческой субстанцией. Вероятно, когда-нибудь этот чудовищный окружающий мир так пропитается «человеческим», что наши потомки будут так же

свободно странствовать по нему, как ныне мы мысленно шествуем путем своей внутренней жизни. Может статься, что и сам мир (оставаясь собой) превратится во что-то вроде материальной души, где, словно в «Буре» Шекспира, порывы ветра будет направлять Ариэль – этот повелитель Идей» [1, с. 487].

Подобная позиция субъекта типична для дискурса по теме антропогенного пространства, поскольку ее обобщённость позволяет, не теряя специфики проблемы, строить, возможно, более объективные логические конструкции, способные привести к общезначимым выводам. Но эти построения могут иметь лишь теоретический характер, поскольку в ситуации реального бытия в искусственной среде острота проблемы самоидентификации индивида заключается именно в конкретности его личного опыта. В попытке достичь компромисса между общим и конкретным, исследуя различные частные аспекты проблемы, некоторые авторы, исследующие проблему пространства, вводят уточнения позиции субъекта. Это может быть абстрактный человек в исторической ситуации, т.е. реконструкция ментального типа исторической эпохи, или субъект, принадлежащий определенной культурной традиции.

До сих пор для нас наиболее доступным является массив текстов, созданных в советский период, до сих пор ими полны библиотеки и головы специалистов, воспитанных в советское время.

Советские исследователи разработали разветвленную классификацию ситуаций, в которых происходит восприятие искусственной среды, в основном с позиции потребителя [2]. При сохранении научной объективности подобный подход страдает односторонностью, впрочем, характерной для любого аналитического метода. Ограниченность метода особенно отражается на практической деятельности (например, архитектурной), когда выводам, справедливым для определенной умозрительной модели практики, придавали абсолютный характер, основывали на ней свои проекты. Разумеется, воплощение этих проектов приводило к последствиям, которые не совпадали с ожидаемыми. Подобное некорректное отношение к логичным, стройным, но односторонним концепциям особенно характерно для градостроительной практики XX в.

В рамках экзистенциальной школы разрабатывалась концепция среды как места человеческого существования, пространства бытия, в значительной степени связанная с философским учением Мартина Хайдеггера. Субъектно-объектная проблематика при экзистенциальном подходе отступала на второй план. Человек не просто познавал мир, а постигал разные миры как продукт своего конкретного опыта и мотивации.

Обобщение достигалось также благодаря уточнению позиции субъекта, как правило, путем классификации уровней и типов восприятия, выявляемых с помощью методов психологических наук.

Нас будет интересовать, в первую очередь, аспект проблемы антропогенного пространства, достаточно ярко показанный в вышеприведенной цитате Ортеги-и-Гассета, т.е. материальное закрепление «самости» человека в объектах, образующих целостное, оформленное, наполненное смыслом пространство – социокультурное явление, ставящее перед человеком проблему ориентации в ее наиболее широком смысле, включающем моменты осознания своего места в «большом» мире через создание картины этого мира в борьбе с «сопротивлением материала», самоидентификации в рукотворном мире исторического и экзистенциального (или бытийственного) пространства.

Особо следует отметить связь между пространственными концепциями (идеями пространства [3]), присущими определенным культурно-историческим структурам, и философскими доктринами, господствующими в них и определяющими тот образ мира, который человек, принадлежащий определенной исторической ситуации, считает своим, и тот образ человека, который должен существовать в создаваемом мире, соответствовать ему и осуществлять его.

Традиционно в текстах, характерных для работ по теории архитектуры, наиболее распространены три версии интерпретации проблемы пространства:

- *утопическое или гипотетическое*, представители которого, чуткие к тем процессам, которые происходят в общественном сознании, приверженцы передовых (или маргинальных) философских концепций, создающие модели будущего или идеального мира, пытаются спроецировать существующую практику сквозь призму своих или, что происходит чаще, заимствованных (и не всегда адекватно) взглядов на социальный и технический процессы;

- *нормативное*, представленное адептами господствующей картины мира и разрабатывающее теорию и методологию практического воплощения пространственных предпочтений современности;

- *рефлексивное*, направленное на осознание, систематизацию и интерпретацию накопленного опыта. Идущее от практики это направление наиболее оригинально по отношению к философским системам, что, как ни парадоксально, делает его наиболее ценным для рассмотрения философами.

Утопическое направление благодаря своей близости к философии, как правило, вторично по отношению к ней, а нормативный подход не обладает обобщающей целостностью рефлексивного, имеющего возможность исторического сопоставления и комплексной оценки явления, недоступного субъекту в его конкретной исторической ситуации. Впрочем, если подходить к этим направлениям архитектурного теоретизирования не с точки зрения критики отдельных текстов, а как к единому процессу, непосредственно связанному с практикой, то следует заметить, что они являются стадиями

осмысления деятельности, из которых результирующим оказывается рефлексивный подход, направленный на осознание уже созданного. Поэтому все своеобразие архитектурной школы теоретизирования, ее оригинальный понятийный аппарат и комплекс идей сосредоточен в основном в текстах, посвященных истории архитектуры. Одним из значительнейших трудов в этой области стала «Теория архитектуры» А.В. Некрасова. Написанная в сороковых годах в сталинских лагерях, ставшая итогом жизни автора, она впервые была издана в 1994 г. Обобщающий, «финальный» характер работы позволил Некрасову создать стройную и глубокую теорию архитектурного пространства.

Он увязывает пространственную концепцию, характерную для каждой исторической эпохи, с господствующими, наиболее общими, феноменами культуры этих периодов. Идея искусственного архитектурного пространства, в ее историческом развитии, по А.В. Некрасову, проходит путь от костного и аморфного протопространства первобытных культур до естественнонаучного пространства современности, через освоение и перекомбинацию таких базовых концепций культуры, как пластика и бесконечность. Античность, и отчасти Византия и Древняя Русь, представляют конечное пластическое архитектурное пространство, упруго возвращающееся от объекта к воспринимающему субъекту, обеспечивая контакт на уровне мышечно-телесного переживания. Христианская культура Византии и Западной Европы вносит в пластическую картину мира феномен бесконечного пространства. Возврат Античности в культуру эпохи Возрождения не снимает вновь приобретенного понимания бесконечности, а дополняет ее пластикой в различных вариациях – центростремительное пространство Раннего Возрождения, центробежное классицизма, напряженное полицентрическое пространство барокко и, наконец, равномерное, лишенное центра пространство эклектики XIX в. Точность теории Некрасова подчеркивается возможностью экстраполяции его подхода на периоды развития архитектуры, случившиеся после смерти автора. Релятивистское пространство, характерное для современной картины мира, в сочетании с античной пластикой прекрасно описывает подход к архитектурной форме Захи Хадид, Ф. Гери и деконструктивистов.

Следует заметить, что у Некрасова пространственность понимается не в чисто архитектурном смысле – как планировочное взаиморасположение строительных объектов, а в более широком, скорее философском плане – в понятие пространственного мышления входят все формы взаимодействия человека с материальным миром. Собственной пространственностью обладают произведения скульптуры, живописи, да и любое повседневное изделие человеческих рук, причем пространственностью, отличной от природной. Природа также воспринимается как

протяженность. Некрасов вводит понятие реального пространства, по отношению к которому человек мыслит особенности пространства рукотворного и в сравнении с которым представитель другой культуры понимает им созданное. Реальное пространство выступает, таким образом, в роли контекстуальной потенциальности, как сказал бы представитель герменевтической философии.

Взгляды Некрасова в определенном смысле близки взглядам Освальда Шпенглера, с той лишь разницей, что Шпенглер отрицал существование реального – общего для всех пространств, его интересовало «не то, что «есть» мир, а то, что он значит для живущего в нем существа» [4, с. 324]. Шпенглер считал, что протяженность, глубина, пространство – наиболее фундаментальные явления, на основе восприятия которых человек строит свои отношения с миром. «...Само неподвижное пространство, которое в равной мере преходяще и с каждым ослаблением умственного напряжения исчезает из красочной растяженности окружающего нас мира, как раз потому и является знаком и выражением самой жизни, *изначальнейшим и мощнейшим из всех ее символов*... Переживание глубины есть – от понимания этого зависит все дальнейшее – столь же совершенно произвольный и необходимый, сколь и совершенно творческий акт, посредством которого «Я» получает, хочется сказать – в директивном порядке свой мир. Из потока ощущений этот акт созидает некое исполненное форм единство, некую подвижную картину, которая отныне, по мере понимания, подпадает власти законов, подчиняется принципу каузальности и, значит, в качестве отражения конкретного ума является преходящей.

Нет никакого сомнения – хотя рассудок и противится этому, – что названное растягивание способно на бесконечное разнообразие, проявляющееся по-иному не только у ребенка и взрослого, дикаря и цивилизованного человека, китайца и римлянина, но и у каждого отдельного человека, в зависимости от того, задумчиво или внимательно, деятельно или спокойно переживает он свой мир... «Природа» – это достояние, насквозь проникнутое личностным содержанием. Природа – это функция соответствующей культуры» [4, с. 330-331]. (Ср. с картиной пробуждения от сна в начале романа Марселя Пруста «В сторону Свана»).

Некрасов утверждает, что каждой культурно-исторической эпохе соответствует свой образ пространства. Человек, живущий в том пространстве, которое он может помыслить или почувствовать, обустроивающий это пространство в соответствии со всеми представлениями о нем, в созданных им объектах и их отношениях, закрепляет и материализует это пространство так, что человек другой культуры может воспринять это пространство так же, как и его создатель. Передача этой онтологической, по существу, информации осуществляется посредством

определенного кода, универсального для любой культуры, который Некрасов определяет как приемы работы с пространством.

Простейшим из них является установка ориентира. Менгиры упорядочивали пространство древнего человека именно этим способом. Оно осознавалось как отрезки пути между точками – ориентирами. Единственными материально закрепленными характеристиками такого пространства были направление, открытость и закрытость. Вместе с первыми иерархическими религиозными системами пришло ощущение масштаба. Потрясающее впечатление, производимое памятниками Древнего Египта, обязано, прежде всего, несовпадению обыденного, обусловленного физиологией масштаба, с одной стороны, и, с другой – монументального масштаба культовых построек. Монументализация, укрупнение пропорций требовало от человека мысленной реконструкции истинного величия божества. Само осознание монументальности, очевидно, пришло вместе с эпохой эпосов. Тогда же появилось разделение понятий хаоса и порядка, лежащих в основе любой архитектуры. Созданное человеком пространство должно быть прозрачно для осмысления. Композиция стала инструментом внесения логики в хаос в человеческой культуре.

Античность внесла в этот пространственный код новое содержание. Воспринимая пространство пластически-чувственно, греки непревзойдённо тонко понимали тектонику. Греческий ордер, основанный на пропорциях человеческого тела, позволяет почти физически сопереживать усилиям несущих конструкций. Пространство афинского Акрополя предстает перед нами как гармоничная, пульсирующая совокупность объектов, каждый из которых наполнен энергией, силой, родственной энергии и силе человеческих тел, понятной и чувственно достоверной.

«Античная статуя во всей своей роскошной телесности, сплошная структура и выразительная плоскость, лишенная какой бы то ни было нетелесной подоплеки, без остатка исчерпывает для античного взгляда то, что называлось действительностью. Материальное, зримо ограниченное, осязаемое, непосредственно наличное – к этому и сводятся все признаки названного способа протяженности. Античная вселенная, *космос*, хорошо упорядоченное множество всех близких и вполне обозримых вещей замыкается телесным небосводом. Большого не существует... Стойки считали телами даже свойства и отношения вещей. Для Хрисиппа божественная пневма есть тело; Демокрит объясняет зрение прониканием материальных частиц. Государство – то тело, являющееся совокупностью всех тел граждан; право знает только телесные лица и телесные поступки. И наконец, свое наиболее яркое выражение это чувство находит в каменном теле античного храма...» [4, с. 340]. Уже известная ранее дихотомия – «закрытое-открытое» становится темой пространственных

игр – перистиль ограничивает, не закрывая. Проницаемость зрительно закрытого вызывает потрясающее чувство слитности с миром, погруженности в него. Пространства в его современном понимании греки не знали. Среда определялась отношениями объемов, безразличных к пространству, простирающемуся вокруг. «Пространство – лишь промежуток, расстояние между материальными телами. Аристотель практически не обращался к этому понятию. В своей «Физике» он говорит о месте как границе, объемлющей тело, не имея ничего общего, но существующей только вместе с тем, что она ограничивает» [2].

Пространство Средневековья всецело подчинялось религиозному дуализму. Центральной проблемой всей средневековой учености было истолкование текста. Чувственное описание мира сменилось на знаковое. Средневековый человек уже не воспринимает пластические объекты как нечто полно выражающее гармонию мира, координаты его онтологической позиции выражаются символически. Плоть, материя становится чем-то, что нужно преодолеть, она связана с грехом и скорее скрывает истину, чем показывает его. Романская и, в гораздо большей степени, готическая архитектура наполняется символической скульптурой, лишенной телесности. Единым для всего христианского мира становится противопоставление тела и духа.

В византийском и впоследствии русском зодчестве внутреннее пространство храма трактуется как духовная модель царства божьего, иллюзорность его достигается росписями и другим убранством. Некрасов считает, что архитектура Восточной Европы – той части, что находилась под влиянием Византии, сохранила архетип античного пластического пространства. Если внутри русской церкви пространство мистически переосмысливается, то сама церковь – как объект в природной среде – обладает «телом». Попытки определить стилистику московского зодчества XVII в. (церкви в Коломенском, собор Василия Блаженного и др.) как русскую готику Некрасов считает несостоятельными, поскольку чисто телесное, пластическое решение как внутреннего, так и, в гораздо большей степени, внешнего пространства приводит его к выводу о продолжении в византийской и особенно в русской школе зодчества традиций античности с выходом на оригинальный тип пространственного самоосознания. Сама прямолинейность противопоставления внешнего «тела» храма – как буквального тела, и внутреннего святого мира со своим небосводом – росписью на куполе говорит о чувственном восприятии христианской доктрины, близком античной религиозности.

Показательно сравнение античных взглядов на государство как тело – совокупность тел граждан и православной идеи о соборе – единении паствы как о теле церкви – личного существа, воплощении живого личного Бога. Неприятие иконоборчества в православии, по Некрасову, также явление, ука-

зывающее на преемственность античного типа пространственного мышления.

В Западной Европе конфликт внутреннего и внешнего разрешается созданием мистического пространства готического храма, которое, устремляясь ввысь, в бесконечность, тем не менее, самодостаточно и безразлично к внешнему. Экстерьер храма – отрицание принадлежности плотскому – материальному. «Для готики характерны формы стремительного взлета ввысь. Ее стиль вертикален: устремленной вверх силе архитектурного организма не противопоставляется несомая тяжесть; развитие по горизонтали отрицается. Поэтому готическое здание, готический собор не требует большой площади в качестве основания. Он не только допускает тесное окружение другими строениями, но, наоборот, требует его... Для бюргера средневекового города такие пространственные пропорции, как 1:2,75:7,5 (средний неф собора Парижской Богоматери) или даже 1:3,14:9 (Кельнский собор) образуют импонирующее ему пространство. Для него это символ трансцендентной бесконечности, в противоположность тесноте средневекового жилища» [5]. Пожалуй, нет надобности повторять, что пространство готики, создаваемое медленно, в течение многих поколений, без централизованного руководства, является продуктом господствующего религиозного мировоззрения [4].

Ценность же городского пространства как самостоятельного феномена впервые была осознана в эпоху Ренессанса. Римские форумы, как и греческие агоры – первые светские социально-коммуникативные пространства – трактовались еще как «залы без крыши» [3]. Возможность восприятия городского открытого пространства как объекта была обусловлена становлением гражданского общества на фоне централизованной, тоталитарной – политически и идеологически – церковной власти. Сопоставление средневекового храмового пространства с его одухотворенностью и символичностью, с пластическим пространственным чувством, подогреваемым возродившимся тогда интересом к античной философии, трактуемой в более светском духе, породило новую, сложную и утонченную игру пространственной символики. Пластическое центростремительное пространство-бесконечность – так Некрасов определял пространственный тип ренессансных площадей. Бесконечность, стремящаяся к центру – к пластическому телу, человеческому началу, окруженному, опять-таки, телесными, пластическими объектами, которые, ограничивая, не делают пространство конечным, а напротив, излучают его беспредельность. «Уже итальянская готика... не отдавала всей своей силы на пластическое развитие ввысь. Радость восприятия

асимметричных сочетаний северной готики была еще не известна. Квадратный, опоясанный аркадами двор палаццо является самым чистым выражением пространственной концепции Ренессанса» [5]. Знаменательно, что особое, ренессансное понимание пространства возникло в основном только на юге Европы – в Италии, где, очевидно, еще живы были ценности пластического его восприятия, понимаемые, тем не менее, иначе, в византийской традиции. Пластичность не воспринимается непосредственно, как в православной архитектуре, а *изображается*, это не пластика объекта, «конвертирующего» пространство, а пространственное творчество средствами пластики. Позднее, в эпоху Барокко, происходит подчинение пластики здания напряжению и экспрессии самого пространства.

Архитектура Барокко, которая признается теоретиками архитектуры высшей степенью пространственной выразительности, приемы работы с пространством которой стали основой планировочной деятельности последующих эпох, возникла во время зарождения науки галилеевского типа. Возник новый тип мироощущения, в основе которого лежало движение, развитие, изменение представлений, противоречия. Эпоха географических открытий раздвинула границы мира, превратив его из замкнутого, обжитого, статичного, полного эсхатологических ожиданий и страхов в непознанный, многообразный и далекий от завершения мир, где источником ужаса становится далекое – в пространственном смысле. Меняется и сама религиозность – реформация изменяет Европу и в политическом, и в ментальном плане.

Основной темой пространственного творчества становится бесконечность, которая может трактоваться как одушевленная, динамическая, противостоящая человеку субстанция, основной пафос которой – движение, напряжение, драматизм, как это было в архитектуре Барокко, или как картезианская рассудочная равномерность классицизма. Классицизм стал воплощением рационализма, с его стремлением к упорядочению и логике. «Человек XX века, побывавший в Версале, воспринял его планировочную структуру как нечто настолько регулярное и всепоглощающе симметричное, что возникло ощущение возможности распространения этой регулярности и симметричности на небе и на море. Вне пределов Версаля оказывалась привычная, обыкновенная, нормальная Франция. Метод мышления и построения формы – вот что взяли архитекторы от мировоззрения эпохи» [6].

Форма государственного устройства, власти – на этом сходятся все исследователи – несомненно оказывает воздействие на тип освоения пространства,

или, скорее, на строительную деятельность. Так, планировка Версаля связывается с французским абсолютизмом, а ампиры современники называют отражением бюрократизма. Однако более продуктивной представляется версия, что форма власти и пространственные предпочтения – не причина и следствие, а результат культуры, обусловленной более глубокими ментальными причинами. Сведение пространственной тотальности ампира к давлению государства продиктовано скорее политическими интересами критики. Если рассматривать регламентированность, монотонность и нечеловеческий масштаб ансамблей ампира, традиционно приписываемый деятельности властей, вместе с новым ощущением стены как экранной перегородки, уже не разделяющей, а лишь ограничивающей; вместе с трактовкой ордера, теряющего тектоническую пластичность, а зачастую и полностью исчезающего; вместе с новыми планировочными приемами (некоторые авторы считают их скорее деградацией старых), когда взаиморасположение зданий определяется не зрительным впечатлением, а строгой геометрией, – то можно говорить о глобальном изменении пространственного архетипа.

Человек XIX в. жил в математически совершенном пространстве, воспринимаемом абстрактно. Естественнонаучный образ природы настолько овладел сознанием, что человек ощущал как цельность то, что не было таковым в непосредственном восприятии, а объединялось лишь путем мыслительного усилия. Мастера прошлого сознательно вводили в свои постройки искажения, чтобы формы *выглядели* правильными, чтобы человек ощущал порядок и гармонию непосредственно. Правильность же композиции ампира – это *действительная* правильность, не зависящая от воспринимающего человека. Человек прошлых эпох создавал порядок вокруг себя и для себя, человек нового времени живет внутри порядка и ему подчиняется. Этим объясняется ощущение дегуманизации, которое появилось с середины XIX в. и к настоящему времени только окрепло.

Способность человека времен ампира и эклектики к абстрагированию поражает. Если до этого периода города изображались как пейзажи или панорамы, то в литературе прошлого века они предстают в виде мозаики отдельных достопримечательностей, которые человек того времени без особых усилий складывает в целостный образ. Функция знака возросла необычайно, причем трактовался он как нечто самостоятельное, внешнее по отношению к самому объекту. Городское пространство приобрело черты театральности. Здание, у которого оформлялась только фасадная часть, как правило, пластически

нейтральная, покрывалось декором – набором знаков, отсылающих к самой различной стилистике. Сама стилистика трактовалась теоретиками того времени как набор знаков и символов. Никогда прежде городское пространство не было настолько насыщено информацией, имеющей для современников пространственное содержание, практически не воспринимаемое позже. Содержательность рукотворного пространства второй половины XIX в. помещалась в особенностях мышления человека этого времени, хочется сказать, что данное пространство – виртуально; оно ушло вместе с этим периодом, материальные же следы его не могут быть восприняты адекватно. Так же как и насыщенные герметической символикой готические храмы, во время своего создания бывшие ареной борьбы религиозных течений и ересей, теперь воспринимаются вполне однозначно, и нам трудно поверить утверждениям, что, например, собор Парижской Богоматери – произведение скорее антихристианское.

Очевидно, общекультурное значение имели не знаковые приемы материализации пространственных предпочтений. По Некрасову, это приемы, отсылающие к «действительному» пространству, пространству реальности, которое, в силу своей очевидности, всеми воспринимается одинаково. Если произведение имеет своим основанием такое пространство и, корректируя его, сохраняет его в собственных структурах в снятом виде, то такое произведение сохраняет возможность интерпретации своих структур человеком другой культуры. Спорным, однако, является существование очевидного и равнозначного для всех культур «реального» пространства. Одним из основных положений Шпенглера в его «Закате Европы» было утверждение невозможности адекватного понимания друг друга представителями различных культурных типов. «Таких культур, по Шпенглеру, восемь – египетская, индийская, вавилонская, китайская, «аполлоновская» (греко-римская), «фаустовская» (западноевропейская) и культура майи» [7]. У каждой из этих культур Шпенглер усматривает свой изначальный архетип пространства [8,9] – «античный прасимвол есть тело, арабский есть пещера, западный есть бесконечное пространство» [4]. Впрочем, построения Некрасова относятся только к европейскому зодчеству, арабское упоминается им вскользь, а в китайской культуре он вообще отказывается видеть развитое пространственное мышление [10–13].

Выводы. Несмотря на определенную ограниченность, теория Некрасова обладает потенциалом к развитию. Явления, не вошедшие в его изложение, а ограничился он периодом до XX в., полностью

укладываются в намеченные им тенденции. В своем анализе ампира и эклектики он вплотную подошел к тому пониманию пространства, которое характерно для современной архитектуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ортега-и-Гассет Х.* Избранные труды: пер. с исп. / сост., предисл. и общ. ред. А.М. Руткевича. М.: Издательство «Весь Мир», 1997. 704 с.
2. Эстетические ценности предметно-пространственной среды / А.В. Иконников, М.С. Каган, В.Р. Пилипенко и др.; под общ. ред. А.В.Иконникова; ВНИИ техн. эстетики. М.: Стройиздат, 1990. 335 с.
3. *Некрасов А.И.* Теория архитектуры. М.: Стройиздат, Галерея 91, 1994. 480 с.
4. *Шпенглер О.* Закат Европы. Очерки морфологии мировой истории. Т. 1. Гештальт и действительность / пер. с нем., вступ. ст. и примеч. К.А. Свасьяна. М.: Мысль, 1998. 663 с.
5. *Бринкман А.Э.* Площадь и монумент как проблема художественной формы / пер. с 3-го немецкого издания со вступительной статьей и комментариями Игнатия Хвойника. М.: Изд-во Всесоюзной Академии Архитектуры, 1935. 296 с.:ил.
6. *Степанов А.В., Иванова Г.И., Нечаев Н.Н.* Архитектура и психология: учеб. пособие для вузов. М.: Стройиздат, 1993. 295 с.: ил.
7. Современная западная философия: словарь / сост. В.С. Малахов, В.П. Филатов. М.: Изд-во политической литературы, 1991. 626 с.
8. *Ортега-и-Гассет Х.* Дегуманизация искусства / пер. С. Воробьев, А. Матвеев. М., 2008. 189 с.
9. *Шпенглер О.* Закат Европы: очерки морфологии мировой истории. Всемирно-исторические перспективы / пер. С.Э. Борич М.: Издательство Попурри, 2009, 704 с.
10. *Брикман А.Э.* Площадь и монумент как проблема художественной формы / пер. с немец. М.: Изд-во АКИ, 2010. 296 с.
11. *Кандинский В.В.* Точка и линия на плоскости. СПб: Азбука, 2008. 560 с.
12. *Мардер А.П.* Эстетика архитектуры. М.: Владос, 2007. 323 с.
13. *Ахмедова Е.А.* Эстетика архитектуры и дизайна / СГАСУ. Самара, 2007. 432 с.

Об авторах:

ОРЛОВ Дмитрий Николаевич

старший преподаватель кафедры реконструкции и реставрации архитектурного наследия Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. 8-927-723-11-69
E-mail: pochto@yandex.ru

ОРЛОВА Наталья Александровна

старший преподаватель кафедры реконструкции и реставрации архитектурного наследия Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. 8-927-723-11-69
E-mail: pochto@yandex.ru

ORLOV Dmitry N.

Senior Lecturer of the Reconstruction and Restoration of Architectural Heritage Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. 8-927-723-11-69
E-mail: pochto@yandex.ru

ORLOVA Natalia A.

Senior Lecturer of the Reconstruction and Restoration of Architectural Heritage Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. 8-927-723-11-69
E-mail: pochto@yandex.ru

Для цитирования: Орлов Д.Н., Орлова Н.А. «Теория архитектуры» А.И. Некрасова в контексте философии пространства // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 115-121. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.20.
For citation: Orlov D.N., Orlova N.A. «Theory of architecture» of A.I. Nekrasov in the context of the philosophy of space // Urban Construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 115-121. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.20.

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

УДК 711.41:628.921

DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.21

Л.Н. ОРЛОВА

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОПТИМИЗАЦИИ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ ГОРОДОВ

PROBLEMS AND PROSPECTS OF OPTIMIZING OF CITIES LIGHT ENVIRONMENT

Проблема оптимизации световой среды городов является одной из острейших проблем современного градостроительства. Естественная световая среда – распределение излучения оптического диапазона спектра в пространстве, воспринимаемое человеком в виде зрительных и других психофизиологических реакций, а также физического и биологического состояния среды его жизнедеятельности. Уровнем утилизации естественного света в значительной мере определяются здоровье и санитарно-эпидемиологическое благополучие населения, экономика городского хозяйства, эффективность капиталовложений в строительство и сохранность невозобновляемых природных энергетических ресурсов страны. В статье на основе проведенного исследования излагаются методологические основы формирования световой среды и выявляется ряд перспективных направлений ее оптимизации как основного формообразующего, экологического и экономического фактора структурно-пространственного развития городов.

Ключевые слова: световая среда, оптическая теория светового поля, компьютерное моделирование световых полей в атмосфере, пространствах городской застройки и помещений

Современные тенденции к уплотнению городской застройки, снижающие поступление света в пространства застройки и помещений, с особой остротой ставят проблему оптимизации их светового режима как основного формообразующего, экологического и экономического фактора структурно-пространственного развития городов.

Проведенное исследование «Основы формирования световой среды городской застройки» [1] позволило выработать методологические основы формирования световой среды городов и выявить ряд перспективных направлений ее оптимизации. Дано теоретическое обоснование и разработаны достоверные методы компьютерного расчета и визуализации световых полей в атмосфере, пространствах городской застройки и помещений на основе принципиально нового понимания структуры световой среды [2].

Впервые закономерности инсоляции изложены в общепринятых в науке и адекватных явлению поня-

The problem of optimizing the light environment of cities is one of the major problems in current urban planning. Natural light environment is a distribution of the optical radiation spectrum in space, perceived in the form of visual and other psycho-physiological reactions and physical and biological state of the environment of his life. Health and sanitary-epidemiological welfare of the population, municipal economy, efficiency of capital investment in the construction and preservation of non-renewable natural energy resources of the country are determined by level of utilization of natural light. In article on the basis of the study methodological bases of formation of the light environment are proposed and a number of promising directions of optimization as the main formative, environmental and economic factors of structural-spatial development of cities are revealed.

Keywords: light environment, optical theory of the light field, computer simulation of the light fields in the atmosphere, the spaces of city building and premises

тиях и терминах теории колебаний [3]. В затеняемых пространствах застройки и помещений инсоляция представляет собой симметричные относительно солнцестояний уникальные колебательные импульсы. В годовом периоде колебания фазовые промежутки, в которые возможно обеспечить инсоляцию территорий и помещений, в каждой конкретной экранирующей ситуации следует определять расчетным путем. Для этого создан инсоляционный модуль в составе пакета «Программа расчета инсоляции и естественного освещения», практически мгновенно рассчитывающий и визуализирующий годовой режим инсоляции территорий и помещений. Быстрота подготовки исходных данных и самих расчетов, качество и наглядная информативность расчетной документации несопоставимы с ручной методикой. Пример компьютерного расчета повторяющихся годовых колебаний полей инсоляции помещений жилого дома по ул. Верхне-Печерской в Нижнем Новгороде приведен на рис.1.

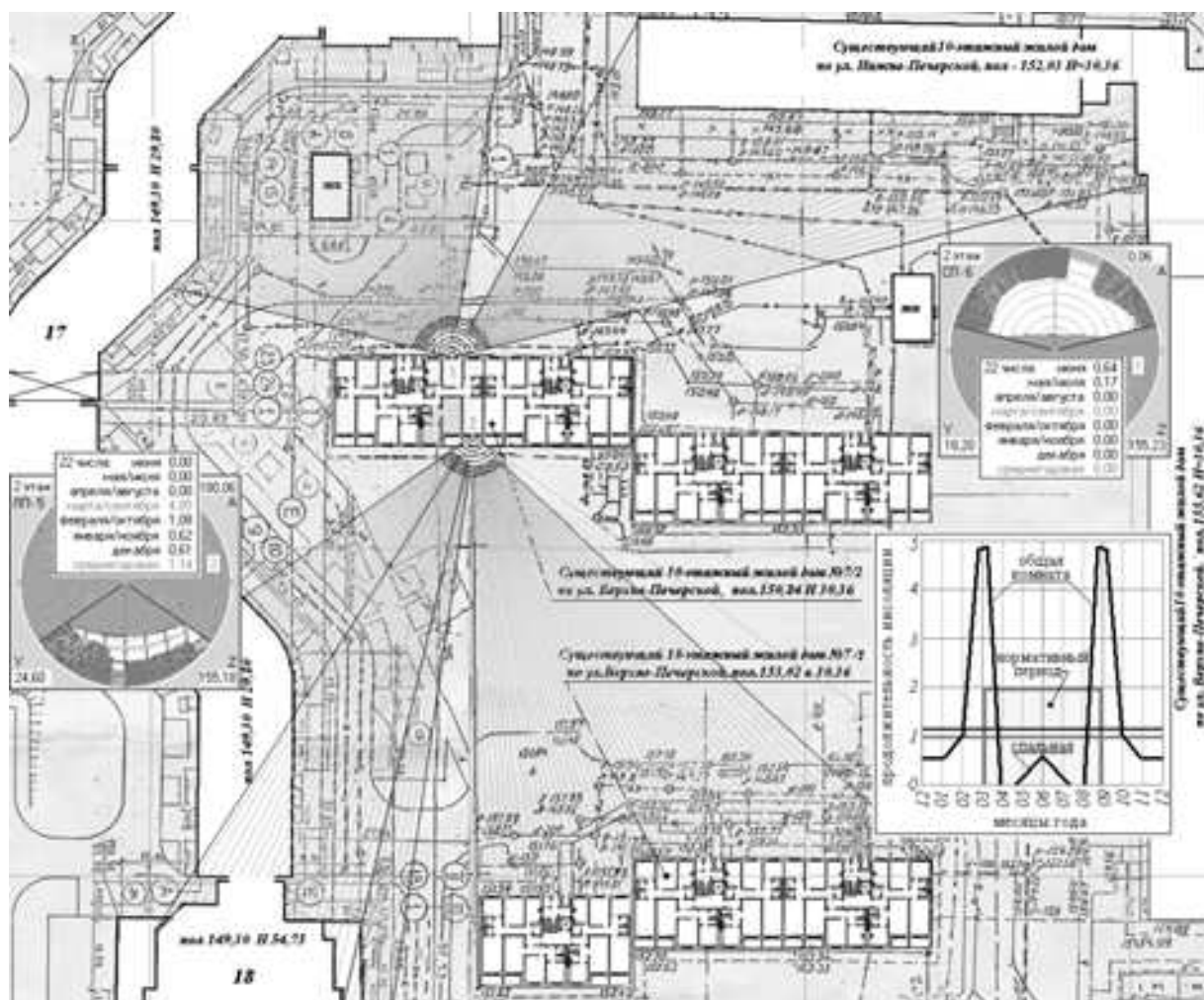


Рис 1. Годовой режим инсоляции трехкомнатной квартиры на втором этаже дома №7/2 по ул. Верхне-Печерской в Нижнем Новгороде

Разработана спектрально-колориметрическая радиационная модель безоблачной земной атмосферы, позволяющая вычислять любые спектральные, интегральные и эффективные характеристики в оптическом диапазоне спектра при широком варьировании параметров атмосферы, которая предназначена для моделирования и визуализации световой среды в застройке и помещениях [4]. Количественные и визуальные исследования компьютерной модели (модуль ClearSky) показали, что картины яркости и цветности неба от конца астрономических сумерек и до полного восхода над горизонтом солнечного диска являются наиболее показательными для оценки полноты, достоверности и точности математической модели источника естественного освещения [5]. Современная цифровая видео- и вычислительная техника предоставляет широкие возможности для фиксации и натурных исследований яркости и цветности неба и численно-визуального сопоставления их результатов с расчетно-теоретическими моделями.

Построены радиационные модели территорий и помещений, выявлены основные закономерности их эффективного облучения при открытом горизонте и при затеняющем действии застройки [1]. При этом обнаружено отсутствие корреляции между полями продолжительности инсоляции и эффективного облучения. Показано, что для сравнительной оценки радиационного режима территорий и помещений представительными являются годовые дозы облучения и отнесенные к ним экстремальные и локальные характеристики облучения в годовых циклах.

Разработана методология расчета естественной освещенности городской застройки [6–11] на основе оптической теории светового поля, которая впервые с наглядной очевидностью объяснила сложнейшую структуру реальных световых полей как аддитивную комбинацию пространственно-импульсных рассеянных, размытых и четких оптических изображений светящихся объектов [2]. Это позволило использовать для описания таких полей адекватные явля-

нию терминологию и математические аппараты геометрической оптики, проективной геометрии и теории интегральных уравнений.

Осуществлено математическое моделирование многократных отражений света и рассчитаны поля отраженной составляющей освещенности численным решением систем интегральных уравнений освещенности на ПЭВМ. Синтезируемые реальные цветные изображения прямоугольного помещения с любой заданной системой диффузного освещения

являются наглядным доказательством истинности построенной модели отраженной составляющей освещенности, подтверждением достоверности и точности расчета световых полей [8].

Разработана и реализована методика компьютерного расчета и визуализации полей освещенности на территориях и фасадах зданий небом конхoidalной яркости (в том числе облачным небом МКО – Международной комиссии по освещению) в реальной городской среде любой заданной конфигурации [10] (рис. 2).

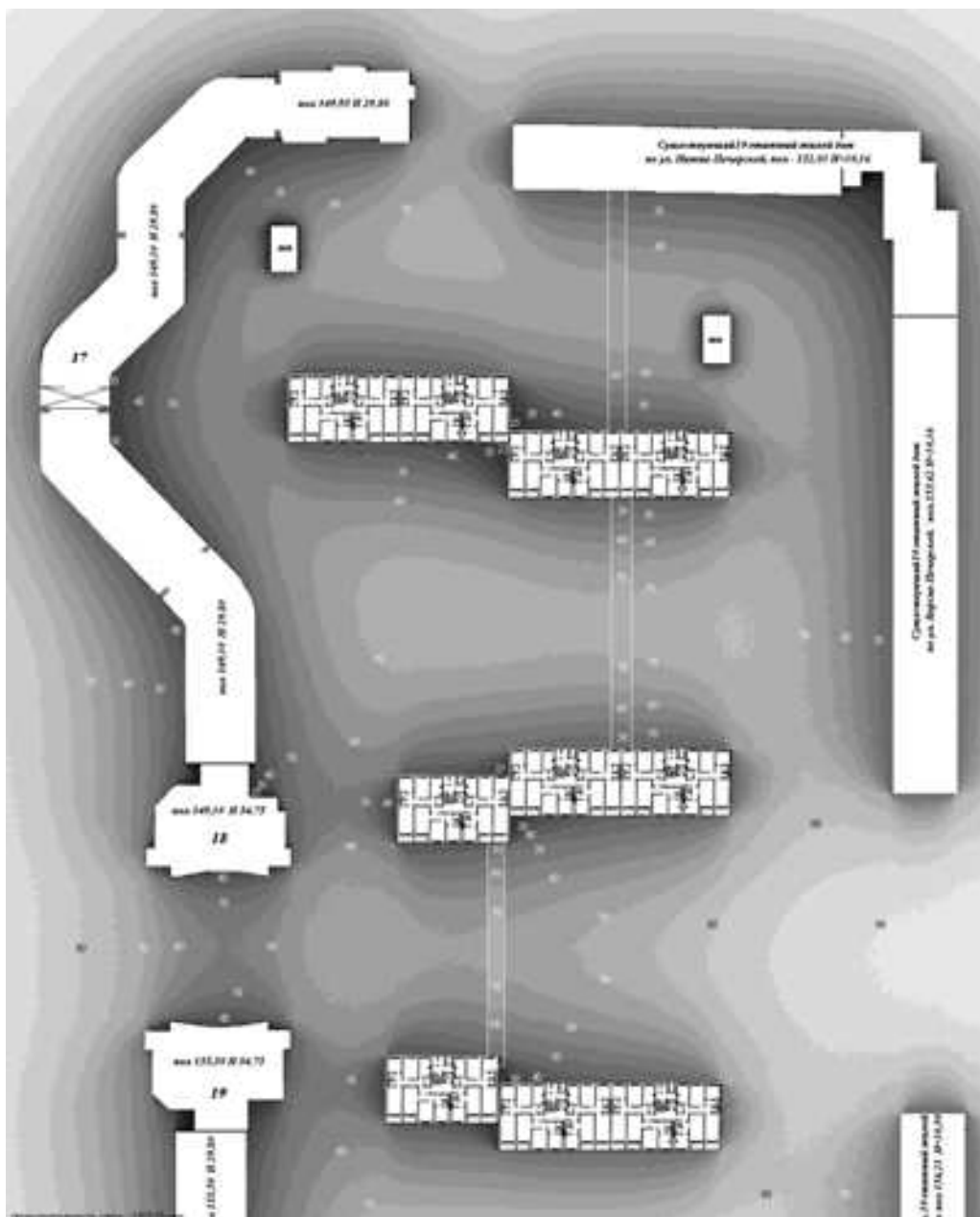


Рис. 2. Поле прямой составляющей КЕО (коэффициент естественного освещения) на расчетном участке застройки в микрорайоне VIII «Верхние Печеры» в Нижнем Новгороде (градиация изолиний поля – 5 % КЕО, градиация яркости линейная)

Создан эталонный модуль Domicile, предназначенный для моделирования и исследования светового поля в помещениях, выходящих в бесконечную

уличную полость, а также для тестирования программ, предназначенных для расчета естественного освещения [9] (рис. 3).

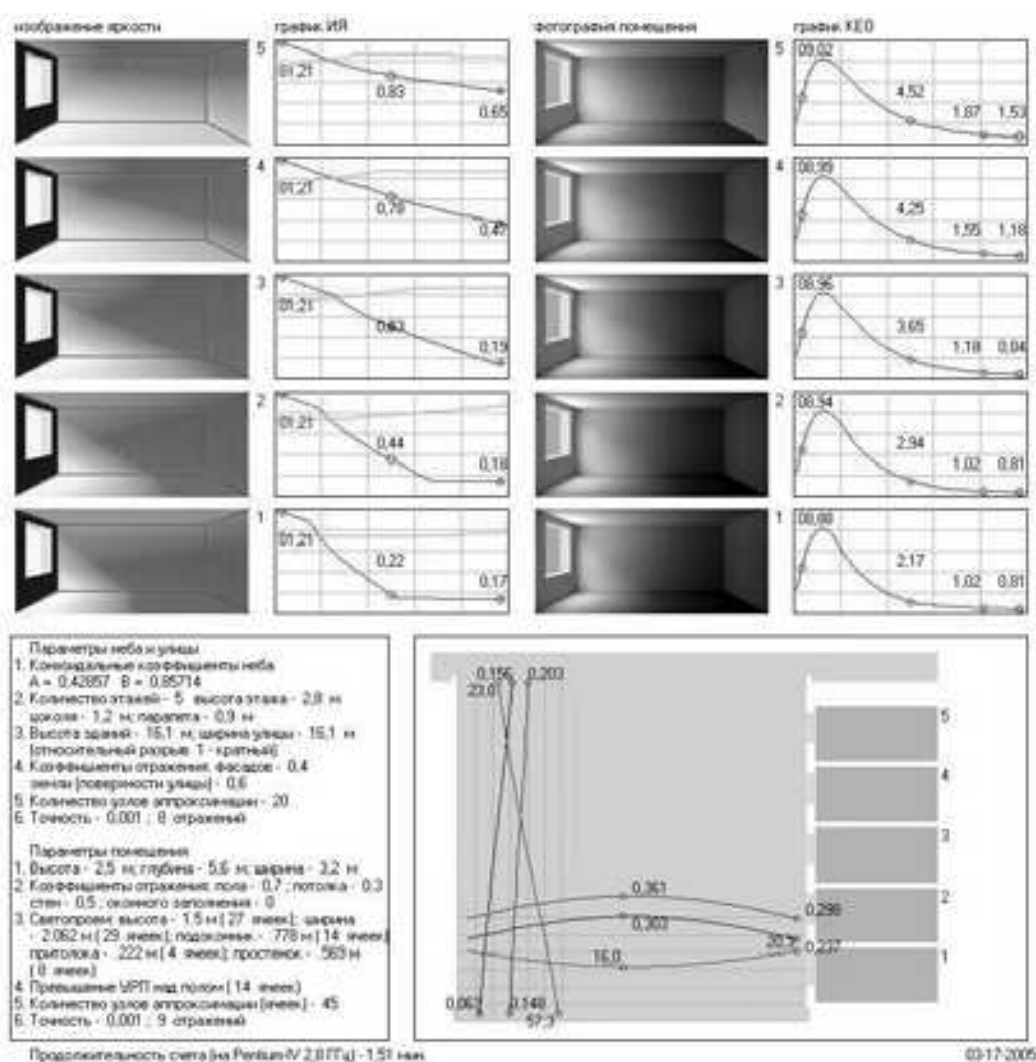


Рис. 3. Фотографически точные перспективные изображения разрезов здания в помещениях всех этажей многоэтажного здания в условиях уличной застройки, освещаемой небом конхoidalной яркости

Разработан программный комплекс – оверлейный пакет для практических расчетов и визуализации инсоляции и естественного освещения [12,13]. Физическая корректность и точность пакета, значительно превосходящего другие программы по скорости счета, подтверждена хорошей сходимостью результатов расчета с лучшими зарубежными программами [14–16].

Выводы. 1. Разработанные теоретические методы численного моделирования и компьютерной визуализации световых полей в пространствах городской застройки и помещений предоставляют в распоряжение градостроительной науки и практики весьма эффективный современный инструмент

решения проблем оптимизации светового режима застройки.

2. На их основе даны рекомендации по совершенствованию нормирования естественной световой среды. Применение предложенных принципов оптимизации параметров световой среды открывает новые возможности упорядочения городской застройки и рационального повышения ее плотности при сохранении необходимых гигиенических качеств среды обитания. При этом достигается технико-экономическая эффективность проектов, повышение качества и производительности труда проектировщиков и экспертов.

3. Проведенные исследования выявили ряд актуальных задач оптимизации световой среды в пространствах застройки и помещений, а также некоторые смежные проблемы, от решения которых зависит продуктивность дальнейших градостроительных исследований и эффективность использования компьютерных технологий в градостроительном проектировании:

- выработка основополагающих принципов, методов и норм градостроительного проектирования на основе дифференцированного подхода к нормированию световой среды городской застройки;
- создание автоматизированной системы расчета и моделирования световой среды, пригодной для функционирования в любых пакетах компьютерных программ архитектурно-строительного проектирования и операционных системах;
- светотехническая паспортизация существующего и вновь возводимого жилья, определяющая его рыночную стоимость на основе достоверных методик оценки соответствия светотехнических качеств застройки научно обоснованным нормам естественного освещения и инсоляции жилищ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орлова Л. Н. Основы формирования световой среды городской застройки: дис. ... д-ра техн. наук. Нижний Новгород: Нижегород. гос. арх.-строит. ун-т, 2006. 441 с.
2. Бахарев Д. В., Орлова Л. Н. Изображение оптическое (к определению основного понятия теории светового поля) // Светотехника. 2007. № 2. С. 4–7.
3. Бахарев Д. В., Орлова Л. Н. О нормировании и расчете инсоляции // Светотехника. 2006. № 1. С. 9–12.
4. Орлова Л. Н. Радиационная модель безоблачной атмосферы в оптическом диапазоне спектра // Светотехника. 1993. № 2. С. 1–4.
5. Бахарев Д. В., Орлова Л. Н., Ширококов А. Ф. О визуализации спектральной модели безоблачного неба и солнца // Светотехника. 2000. № 4. С. 30–34.
6. Бахарев Д. В., Орлова Л. Н. Яркость городской среды // Светотехника. 1990. № 10. С. 9–11.
7. Бахарев Д. В., Орлова Л. Н. О рефлекторном действии земли на освещенность помещений // Светотехника. 1992. № 2. С. 8–9.
8. Бахарев Д. В., Орлова Л. Н., Ширококов А. Ф. О визуализации расчета световых полей // Светотехника. 1999. № 5. С. 25–32.
9. Бахарев Д. В., Орлова Л. Н. Световое поле помещений в уличной среде // Тез. докл. науч.-техн. конф. «Архитектура и строительство-2003». Ч.2. Н. Новгород: Нижегород. гос. арх.-строит. ун-т, 2004. С. 4–5.
10. Бахарев Д. В., Орлова Л. Н. Освещенность городской среды небом конхoidalной яркости // Великие реки – 2004: тез. докл. Междунар. науч.-промышл. форума. Н. Новгород: Нижегород. арх.-строит. ун-т, 2004. С. 248–250.
11. Бахарев Д. В., Орлова Л. Н. Свет и тень (к теории оптических изображений) // Великие реки–2005: тез. докл. Междунар. науч.-промышл. форума. Н. Новгород: Нижегород. арх.-строит. ун-т, 2005. Т.2. С. 30–32.
12. Бахарев Д. В., Орлова Л. Н. Программа расчета инсоляции и естественного освещения // Великие реки–2001: тез. докл. Междунар. науч.-промышл. форума. Н. Новгород: Нижегород. арх.-строит. ун-т, 2002. С. 323.
13. Орлова Л. Н. Компьютерное обеспечение решения градостроительной проблемы естественного освещения и инсоляции жилищ // Развитие современных городов и реформа жилищно-коммунального хозяйства: тез. докл. Третьей Междунар. науч.-практ. конф. / Московский ин-т коммунального хозяйства и строительства. М., 2005. С. 106–108.
14. Бахарев Д. В., Зимнович И. А., Орлова Л. Н. Компьютерный расчет естественного освещения: справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак, 2006. 976 с.: ил.
15. Ward Larson. G. R. Shakespeare. Rendering with Radiance. The Art and Science of Lighting Visualization. San Francisco. 1998. CA: Morgan Kaufman Publishers. 1998.
16. Ward G.J. The Radiance Lighting Simulation and Rendering System // Computer Graphics Proceedings. ACM SIGGRAPH. 1994. P. 459–472.

Об авторе:

ОРЛОВА Людмила Николаевна

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры городского строительства
Нижегородский государственный
архитектурно-строительный университет
603950, Россия, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, 65,
тел. (831) 433-87-94
E-mail: orludm.orlova@yandex.ru

ORLOVA Lyudmila N.

Doctor of Engineering Science, Professor of the Urban Construction Chair
Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
603950, Russia, Nizhny Novgorod, Iljinskaya str, 65,
tel. (831) 433-87-94
E-mail: orludm.orlova@yandex.ru

Для цитирования: Орлова Л.Н. Проблемы и перспективы оптимизации световой среды городов // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 122–126. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.21.
For citation: Orlova L.N. Problems and prospects of optimizing of cities light environment // Urban construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 122–126. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.21.

ЭНЕРГЕТИКА

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

УДК 621.311

DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.22

И.И. АРТЮХОВ
С.Ф. СТЕПАНОВ
Д.А. БОЧКАРЁВ
Г.Н. ТУЛЕПОВА
А.И. ЗЕМЦОВ

МИКРОСЕТЬ НА ОСНОВЕ ГРУППЫ АВТОНОМНО РАБОТАЮЩИХ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

MICROGRID BASED ON A GROUP OF AUTONOMOUS OPERATING SYNCHRONOUS GENERATORS

Современный уровень развития силовой электроники позволяет создавать и внедрять новые технологии генерирования, передачи и распределения электроэнергии. В качестве источников энергии теперь могут быть использованы электрические машины с изменяемой скоростью вращения вала. Функции обеспечения параметров вырабатываемой электроэнергии переносятся на преобразовательные устройства. Объединение управляемых источников энергии и электроприемников в микросети позволяет снизить потери электроэнергии, повысить надежность электроснабжения. Статья посвящена вопросам построения микросети на основе нескольких автономно работающих синхронных генераторов. В качестве примера рассматривается микросеть для электроснабжения компрессорного цеха на основе генераторов собственных нужд газоперекачивающих агрегатов.

The current level of power electronics development allows creating and implementing new technologies for generation, transmission and distribution of electricity. Electric machines with variable shaft speed can be used as an energy source now. The functions of providing the parameters of the generated electric power are transferred to the converter devices. The combination of controlled energy sources and electrical receivers in microgrids allows reducing energy losses, increasing the reliability of electricity supply. The article is devoted to the constructions of a microgrid based on several autonomously operating synchronous generators. As an example, microgrid for power supply of compressor station based on own use generators of gas compressor units is considered.

Ключевые слова: микросеть, синхронный генератор, преобразование энергии, выпрямитель, инвертор

Keywords: microgrid, synchronous generator, power conversion, rectifier, inverter

Для современного этапа развития электроэнергетики характерным является интенсивный процесс создания и развития микросетей. Этим термином, автором которого считается профессор Роберт Х. Лассетер, принято называть интегрированную энергетическую систему небольшой мощности с распределенными генераторами и потребителями энергии [1]. Такая энергетическая система, как правило, располагается на небольшой площади. В настоящее время около 90 % существующих электрических микросетей занимает площадь до 1 км², а суммарная мощность генераторов энергии в одной микросети не превышает 1 МВт [2].

Целесообразность использования микросетей определяется тем, что они имеют ряд преимуществ

по сравнению с классическими способами генерирования, передачи и распределения энергии. В микросети выработанная энергия в основном используется местными потребителями, что обеспечивает снижение потерь, связанных с передачей и распределением энергии по электрическим сетям. Надежность снабжения электроэнергией в рамках микросети обеспечить существенно легче, чем в крупных энергетических системах. Потребители энергии в микросети могут участвовать в процессе балансирования мощности путем регулирования своих нагрузок, генерируя, накапливая и отдавая электроэнергию в микросеть [3].

Существуют различные варианты микросетей. Они могут работать автономно или быть соединены с

электросетью энергосистемы. Объединение отдельных локальных сетей в микросеть может осуществляться по шинам как переменного, так и постоянного тока. При этом микросети постоянного напряжения имеют ряд преимуществ [4].

В настоящее время перспективы создания микросетей рассматривают в основном в связи с возможностью интеграции возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия [5]. Однако микросети могут быть построены также на базе широко распространенных источников энергии, таких как дизель-генераторы, газотурбинные генераторы и т.п.

В качестве источников энергии наиболее часто применяют синхронные электрической машины (ЭМ), которые работают с фиксированной скоростью вращения вала для обеспечения стабильности частоты выходного напряжения. Однако работа ЭМ в таком режиме не всегда возможна, например, когда источником механической энергии является ветровая турбина. В других случаях стабилизация скорости вращения вала приводного двигателя снижает энергетическую эффективность системы генерации. В частности, при использовании дизеля в качестве первичного двигателя фактический расход топлива при работе такой системы на переменную нагрузку оказывается значительно выше заявленной величины.

С развитием силовой электроники появились новые возможности совершенствования систем генерирования электроэнергии. Основным моментом является работа ЭМ с переменной частотой вращения, причем могут быть применены как синхронные, так и асинхронные машины. При этом частота вращения вала ЭМ может устанавливаться принудительно, в соответствии с заданными настройками регулятора подачи топлива в дизель-генераторных установках [6, 7] или определяться внешними условиями работы системы генерирования электроэнергии, например, при регулировании производительности газоперекачивающих агрегатов (ГПА) за счет изменения частоты вращения вала [8]. Функции обеспечения параметров вырабатываемой электроэнергии (действующего значения, частоты и формы кривой генерируемого напряжения) в соответствии с требованиями ГОСТ 32144-2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» при переменных, в общем случае, скорости вращения вала ЭМ, а также величины и характере нагрузки переносятся на преобразовательные устройства [9].

На рис. 1 показана схема микросети, которая образована путем объединения по шине постоянного тока N автономно функционирующих модулей. Источником энергии в каждом модуле является синхронный генератор СГ с приводным двигателем ПД. Вал генератора k -го модуля вращается с частотой n_k , напряжение и частота имеют значения U_k, f_k .

С помощью выпрямителя В, регулятора постоянного напряжения РПН и сглаживающего фильтра СФ осуществляется преобразование электрической энергии переменного тока на выходе СГ в электрическую энергию постоянного тока с требуемыми параметрами. В составе модулей имеются электроприемники как постоянного, так и переменного тока промышленной частоты. Последние получают энергию от шины постоянного тока через инвертор И и выходной фильтр ВФ, обеспечивающий заданную форму напряжения.

Для анализа установившихся процессов в рассматриваемой микросети может быть использована схема замещения (рис. 2), которая изображена в предположении о бесконечно малом сопротивлении проводников, образующих шину постоянного тока. Источник энергии каждого модуля представлен в виде эквивалентного двухполюсника, имеющего ЭДС E_{dk} и внутреннее сопротивление R_{dk} . Вентильный элемент V_k отражает односторонний характер тока I_{dk1} . Нагрузка модуля по постоянному току представлена эквивалентным сопротивлением $R_{эк}$ по которому протекает ток I_{dk2} .

На основании приведенной схемы замещения выражение для напряжения на шине постоянного тока может быть записано в следующем виде:

$$U_d = \frac{\sum_{k=1}^N F_k E_{dk} R_{dk}^{-1}}{\sum_{k=1}^N (R_{dk}^{-1} + R_{эк}^{-1})}, \quad (1)$$

где F_k – логические функции, отражающие возможность протекания токов I_{dk1} только в одном направлении. Функция $F_k=1$, если источник соответствующего модуля отдает энергию в шину постоянного тока, и нулю – в противном случае.

Выходной ток k -го модуля определяется по формуле

$$I_{dk1} = \frac{F_k (E_{dk} - U_d)}{R_{dk}}. \quad (2)$$

Эквивалентные ЭДС E_{dk} источников энергии представляют собой напряжения U_{dk} на выходе РПН в режиме холостого хода. Величины этих напряжений зависят от напряжений U_{Bk} на выходе выпрямителей и сигнала управления μ_k РПН соответствующего модуля

$$E_{dk} = D(\mu_k) U_{Bk}, \quad (3)$$

где $D(\mu_k)$ – регулировочная характеристика РПН k -го модуля, вид которой определяется его конкретной реализацией.

Будем полагать, что выпрямители, подключенные к СГ, выполнены по трехфазной мостовой схеме с индуктивным фильтром на выходе. Для такого выпрямителя справедливо следующее выражение для определения среднего значения выходного напряжения:

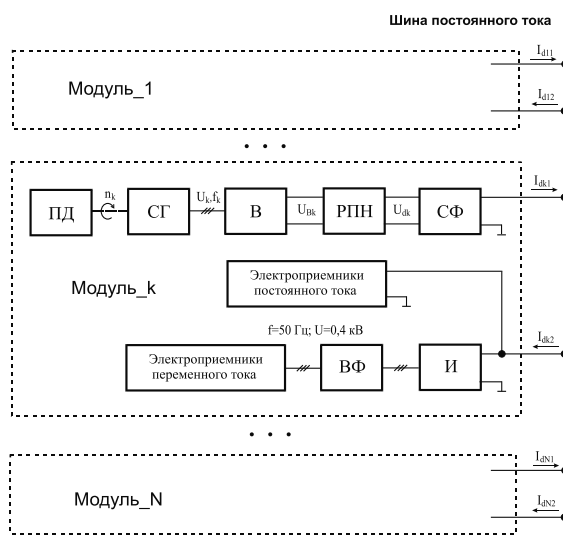


Рис. 1. Схема микросети на основе группы синхронных генераторов

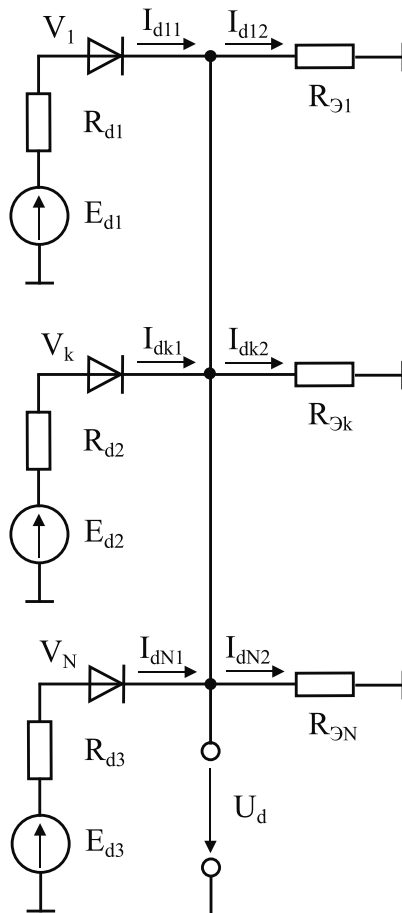


Рис. 2. Схема замещения микросети по постоянному току

$$U_{Bk} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} E_{0k} - \Delta U_{Xk} - \Delta U_{Rk} - 2\Delta U_{d}, \quad (4)$$

где ΔU_{Xk} , ΔU_{Rk} – индуктивная и активная составляющие падения напряжения; $2\Delta U_{d}$ – падение напряжения на диодах выпрямителя; E_{0k} – ЭДС k -го генератора, которая зависит от основного магнитного потока Φ_k в воздушном зазоре и частоты вращения ротора n_k соответствующего генератора.

Величина ЭДС определяется формулой

$$E_{0k} = C_E \Phi_k n_k, \quad (5)$$

где C_E – постоянная для каждой электрической машины величина.

Если СГ имеет обмотку возбуждения, то за счет изменения ее тока можно регулировать величину магнитного потока Φ_k . В генераторах с постоянными магнитами такой возможности нет.

Индуктивное падение напряжения ΔU_{Xk} вызывается процессом коммутации и при углах коммутации $\gamma < \pi/3$ может быть рассчитано по формуле

$$\Delta U_{Xk} = \frac{3 \cdot \omega L_{0k} \cdot I_{dk}}{\pi}, \quad (6)$$

где I_{dk} – среднее значение тока на выходе k -го выпрямителя.

Напомним, что угол коммутации определяется из уравнения

$$1 - \cos \gamma_k = \frac{2 \cdot I_{dk} \cdot \omega L_{0k}}{\sqrt{6} E_k}. \quad (7)$$

Падение напряжения ΔU_R на активных сопротивлениях схемы рассчитывается по формуле

$$\Delta U_{Rk} = \frac{3}{\pi} \cdot I_{dk} \cdot R_{0k} \left(\frac{2\pi}{3} - \frac{\gamma_k}{2} \right). \quad (8)$$

Если в рабочей области угол коммутации не превышает $\pi/3$, выражение можно упростить следующим образом:

$$\Delta U_{Rk} = \frac{3 \cdot \omega L_{0k} \cdot I_{dk}}{\pi} + 2 \cdot R_{0k} \cdot I_{dk}. \quad (9)$$

Падение напряжения $2\Delta U_{d}$ на диодах выпрямителя можно считать не зависящим от тока нагрузки. Причем, если напряжение на шине постоянного тока составляет сотни вольт, то падением напряжения $2\Delta U_{d}$ можно пренебречь.

С учетом выражений (6) – (8) и принятых допущений уравнение (4) внешней характеристики выпрямителя примет вид

$$U_{Bk} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot E_{0k} - \frac{3 \cdot \omega L_{0k} \cdot I_{dk}}{\pi} - 2 \cdot R_{0k} \cdot I_{dk}. \quad (10)$$

Уравнение (10) соответствует двухполюснику, у которого ЭДС холостого хода

$$E_{zk} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot E_{0k}, \quad (11)$$

а внутреннее сопротивление

$$R_{zk} = \frac{3}{\pi} \omega L_{0k} + 2 \cdot R_{0k}. \quad (12)$$

Из выражений (1) и (2) с учетом (5) – (7), (9) – (11) следует, что для заданного набора характери-

стик электрооборудования величина напряжения на шине постоянного тока и распределение токов между модулями зависит от частот n_k , с которыми вращаются роторы СГ, и параметров нагрузки. Управляющими воздействиями являются токи возбуждения (для СГ с электромагнитным возбуждением) и сигналы μ_k управления РПН. Таким образом, за счет изменения токов возбуждения СГ и сигналов управления РПН можно обеспечить заданное распределение потоков энергии между модулями микросети.

Если модули рассматриваемой системы работают автономно, т.е. не связаны по шине постоянного тока, то для надежного электроснабжения электроприемников каждого модуля должно выполняться условие

$$P_{dk2} < P_{НОМ.k} \quad (13)$$

где P_{dk2} – мощность, потребляемая электроприемниками k -го модуля; $P_{НОМ.k}$ – номинальная мощность СГ данного модуля.

Для рассматриваемой микросистемы допустимы режимы, когда

$$P_{dk2} > P_{НОМ.k} \quad (14)$$

при этом должно выполняться условие

$$\sum_{k=1}^N P_{dk2} \leq \sum_{k=1}^N P_{НОМ.k} \quad (15)$$

Если в микросети возникает избыток мощности, то он может быть передан внешним потребителям или в систему накопления энергии.

Рассмотрим в качестве примера микросеть для электроснабжения компрессорного цеха на основе генераторов собственных нужд газоперекачивающих агрегатов.

На объектах магистрального транспорта газа находится в эксплуатации более 280 ГПА импортного производства (ГТК-10И, ГТК-25И), оснащенных генераторами собственных нужд (ГСН) [10]. Так, например, в агрегате ГТК-10И установлен ГСН мощностью 250 кВт фирмы Marelli Motori, который представляет собой синхронную машину с двумя парами полюсов. При номинальной скорости вращения вала 1500 об/мин генерируется напряжение 380 В с частотой 50 Гц.

ГСН подключается через редуктор к валу отбора мощности ГПА, который выходит от турбины высокого давления через осевой компрессор. Пуск ГПА с ГСН осуществляется при внешнем электроснабжении. После того, как вал отбора мощности ГПА достигает рабочих оборотов, в работу подключается ГСН.

Недостатком схемы электроснабжения ГПА с ГСН является необходимость стабилизации частоты вращения вала турбины, что усложняет возможность регулирования технологического режима транспорта газа.

Обязательным элементом оборудования является редуктор, который вносит потери в процесс производства электроэнергии и требует регулярного технического обслуживания. Кроме того, существующая схема электроснабжения ГПА с ГСН не

позволяет передавать избытки электрической мощности от генератора в систему электроснабжения компрессорного цеха.

В соответствии с ГОСТ Р 54404-2011 «Агрегаты газоперекачивающие с газотурбинным приводом. Общие технические условия» конструкция ГПА должна обеспечивать регулирование его производительности. При этом изменение скорости вращения турбины может находиться в пределах от 70 до 105 % от номинальной в зависимости от требуемого технологического режима работы нагнетателя. Однако необходимость стабилизации скорости вращения вала ГСН не позволяет реализовать это требование.

Выводы. Объединение ГСН группы ГПА в микросеть позволяет решить данную проблему. При этом благодаря возможности работать с регулируемой производительностью оптимизируется режим транспорта газа, что снижает расход топливного газа. Повышается энергонезависимость объекта транспорта газа (компрессорной станции) от неблагоприятных воздействий, возникающих в системе внешнего электроснабжения. Появляется возможность передавать избыток электроэнергии, вырабатываемой ГСН отдельного ГПА другим электроприемникам компрессорного цеха (компрессорной станции), что снижает затраты на покупку и передачу электроэнергии. После запуска и выхода ГПА на номинальный режим ГСН может отдать в сеть 150–300 кВт (в зависимости от номинальной мощности генератора собственных нужд). Если в работе находится N агрегатов, то суммарная избыточная мощность составляет $N \cdot (150–300)$ кВт. При определенном числе N этой мощности может оказаться вполне достаточно для обеспечения работы цеховой установки охлаждения газа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lassester R.H. MicroGrids // 2002 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting. Conference Proceedings (Cat. № 02CH37309). Vol. 1. Pp. 305–308.
2. Адомавичюс В.Б., Харченко В.В. Особенности и проблемы построения микросетей // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: Тр. междунар. науч.-техн. конф. М: ГНУ ВИЭСХ, 2012. Т. 5. С. 50–56.
3. Лапшин С.А., Харченко В.В. Система электроснабжения потребителей в сетях низкого напряжения с использованием различных источников энергии и управлением генерацией электроэнергии // Вестник аграрной науки Дона. 2015. № 4(32). С. 51–57.
4. Dragicevic T., Lu X., Vasquez J.C., Guerrero J.M. DC Microgrids – Part II: A Review of Power Architectures, Applications, and Standardization Issue// IEEE Transactions on Power Electronics. 2016. Vol. 31, № 5. Pp. 3528 – 3549.
5. Wang X., Guerrero J.M., Blaabjerg F., Chen Z. A Review of Power Electronics Based Microgrids // Journal of Power Electronics. 2012. Vol. 12. №1. Pp. 181-192.

6. Лукутин Б.В., Шандарова Е.Б. Способы снижения расхода топлива дизельных электростанций // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2. URL [www.science-education.ru / 108-8615](http://www.science-education.ru/108-8615).

7. Хватов О.С., Дарьенков А.Б., Тарасов И.М. Дизель-генераторная электростанция с переменной частотой вращения вала // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2010. Вып. 2. С. 53 – 56.

8. Артюхов И.И., Бочкарёв Д.А., Степанов С.Ф. Совершенствование системы электроснабжения газоперекачивающих агрегатов с генераторами собственных нужд // Вестник Саратовского государ-

ственного технического университета. 2015. № 1 (80). Т.3. С. 176–181.

9. Артюхов И.И., Бочкарёв Д.А. Автономная система электроснабжения на основе генератора с изменяемой частотой вращения вала // Научное обозрение. 2014. № 3. С. 178–183.

10. Зюзьков В.В., Щуровский В.А. Автономное электроснабжение модульных газотурбинных газоперекачивающих агрегатов // Газотранспортные системы: настоящее и будущее (GTS-2009): сб. докл. III Междунар. науч.-техн. конф. М.: Газпром ВНИИ-ГАЗ, 2010. С. 268 – 274.

Об авторах:

АРТЮХОВ Иван Иванович

доктор технических наук, профессор кафедры электроснабжения и электротехнологии Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
Институт энергетики и транспортных систем
410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77
E-mail: ivart1954@gmail.com

СТЕПАНОВ Сергей Фёдорович

доктор технических наук, профессор кафедры электроснабжения и электротехнологии Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
Институт энергетики и транспортных систем
410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77
E-mail: stepanov460915@yandex.ru

БОЧКАРЁВ Дмитрий Александрович

аспирант кафедры электроснабжения и электротехнологии Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
Институт энергетики и транспортных систем
410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77
E-mail: grifeen@mail.ru

ТУЛЕПОВА Гульсим Нуржановна

аспирант кафедры электроснабжения и электротехнологии Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
Институт энергетики и транспортных систем
410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77
E-mail: gulsim_tulepova@list.ru

ЗЕМЦОВ Артём Иванович

кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий Самарский государственный технический университет, филиал в г. Сызрани
446001, Россия, г. Сызрань, ул. Советская, 45
E-mail: artex283@mail.ru

ARTYUKHOV Ivan I.

Doctor of Engineering Science, Professor of the Power Supply and Electrotechnology Chair
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov
Institute of Energy and Transport Systems
410054, Russia, Saratov, Polytechnicheskaya str., 77
E-mail: ivart1954@gmail.com

STEPANOV Sergey F.

Doctor of Engineering Science, Professor of the Power Supply and Electrotechnology Chair
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov
Institute of Energy and Transport Systems
410054, Russia, Saratov, Polytechnicheskaya str., 77
E-mail: stepanov460915@ya.ru

BOCHKAREV Dmitriy A.

Postgraduate student of the Power Supply and Electrotechnology Chair
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov
Institute of Energy and Transport Systems
410054, Russia, Saratov, Polytechnicheskaya str., 77
E-mail: grifeen@mail.ru

TULEPOVA Gulsim N.

Postgraduate student of the Power Supply and Electrotechnology Chair
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov
Institute of Energy and Transport Systems
410054, Russia, Saratov, Polytechnicheskaya str., 77
E-mail: gulsim_tulepova@list.ru

ZEMTSOV Artem I.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Power Supply to Industrial Enterprises Chair
Branch of Samara State Technical University in Syzran
446001, Russia, Syzran, Sovetskaya str., 45
E-mail: artex283@mail.ru

Для цитирования: Артюхов И.И., Степанов С.Ф., Бочкарёв Д.А., Тулепова Г.Н., Земцов А.И. Микросеть на основе группы автономно работающих синхронных генераторов // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 127-131. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.22.

For citation: Artyukhov I.I., Stepanov S.F., Bochkarev D.A., Tulepova G.N., Zemtsov A.I. Microgrid based on a group of autonomous operating synchronous generators // Urban construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 127-131. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.22.

А.А. КУВШИНОВ

В.В. ВАХНИНА

А.Н. ЧЕРНЕНКО

КОМПЕНСИРОВАННАЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ ЛИНИЯ С ПОВЫШЕННОЙ НАТУРАЛЬНОЙ МОЩНОСТЬЮ

COMPENSATED DISTRIBUTION LINE WITH INCREASED NATURAL LOADING

Рассмотрены два способа увеличения натуральной мощности распределительной линии с потерями до уровня пропускной способности, ограниченной экономической плотностью тока или допустимой по нагреву плотностью тока в фазных проводах. Показано, что поперечная емкостная компенсация не накладывает технических ограничений на возможность увеличения натуральной мощности распределительной линии в отличие от продольной емкостной компенсации, возможности которой ограничиваются активным сопротивлением фазных проводов. Определена степень поперечной емкостной компенсации, необходимой для увеличения натуральной мощности распределительной линии до уровня пропускной способности, ограниченной экономической плотностью тока или допустимой по нагреву плотностью тока в фазных проводах.

Ключевые слова: распределительная линия, натуральная мощность, пропускная способность, продольная и поперечная емкостная компенсация, степень поперечной емкостной компенсации

Натуральная мощность распределительной линии с потерями. Режим передачи натуральной мощности является наиболее благоприятным для транзита электроэнергии переменного тока, поскольку в силу сбалансированности электромагнитного поля линия не потребляет и не генерирует реактивную мощность, а потери активной мощности минимальны [1]. Для магистральных электропередач с номинальным напряжением 220 кВ и выше натуральная мощность превышает значения, определяемые экономической плотностью тока [2]. Поэтому при номинальных нагрузках возможна работа магистральных линий в режиме, близком к натуральному.

Для линии без потерь величина натуральной мощности определяется простым выражением [2,3]:

$$P_{\text{нат}} = \frac{U_{\text{ном}}^2}{Z_B}, \quad (1)$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение (межфазное) линии; $Z_B = \sqrt{x_0/b_0}$ – волновое сопротивление линии без потерь; x_0 , b_0 – погонное индуктивное сопротив-

ление и погонная емкостная проводимость линии соответственно, величину которых можно оценить с помощью эмпирических выражений

$$x_0 = 0,1445 \cdot \lg \frac{D_{\text{ср}}}{r_{\text{гп}}}, \quad \text{Ом/км}, \quad (2)$$

$$b_0 = \frac{7,54}{\lg \frac{D_{\text{ср}}}{r_{\text{гп}}}} \cdot 10^{-6}, \quad \text{См/км}, \quad (3)$$

где $D_{\text{ср}} = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{13} \cdot D_{23}}$ – среднегеометрическое расстояние между фазными проводами; D_{12} , D_{13} , D_{23} – расстояние между проводами первой, второй и третьей фаз; $r_{\text{гп}} = (1,5 + 1,2) \cdot \sqrt{F/\pi}$ – фактический радиус многопроволочных проводов; F – суммарное сечение токоведущей и стальной частей фазного провода.

Выражения (2) и (3) позволяют определить величину волнового сопротивления по известным геометрическим размерам линии

$$Z_B = 138,44 \cdot \lg \frac{D_{\text{ср}}}{r_{\text{гп}}}. \quad (4)$$

Анализируя выражения (1), (4), можно отметить, что наиболее рациональным путем повышения натуральной мощности может служить искусственное изменение погонных параметров (x_0 , b_0), которое возможно без реконструкции линии, связанной с заменой проводов, изоляторов, опор.

В распределительных сетях с номинальным напряжением 6÷110 кВ согласование передаваемой мощности с натуральной мощностью линии не считается необходимым. Поэтому мощность магнитного поля распределительной линии многократно превышает мощность электрического поля. В результате распределительная линия является таким же потребителем реактивной мощности, как и большинство электроприемников [4].

Существуют два характерных значения плотности тока в фазных проводах распределительной линии:

- допустимая по нагреву плотность тока $J_{(0t)}$, величина которой обычно не превышает $J_{(0t)} = 5 \text{ А/мм}^2$;
- экономическая плотность тока $J_{(0э)}$, при которой обеспечивается минимум приведенных затрат на содержание и эксплуатацию линии. Величина $J_{(0э)}$ зависит от района расположения линии и количества часов использования максимума нагрузки. Для предварительных оценок можно использовать среднее значение $J_{(0э)} = 1 \text{ А/мм}^2$ [5].

Создание натурального режима работы распределительной линии является обязательным условием снижения потребляемой от центра питания полной мощности до уровня только активной составляющей, которое будет сопровождаться также снижением потерь активной мощности. Однако для этого потребуется искусственное увеличение натуральной мощности распределительной линии либо до значения

$$P_{НАТ} = P_{(э)} = \sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot (F \cdot J_{э}), \quad (5)$$

$$P_{НАТ} = P_{(0t)} = \sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot (F \cdot J_{0t}), \quad (6)$$

где $P_{(э)}$ – пропускная способность распределительной линии, ограниченная экономической плотностью тока; $P_{(0t)}$ – пропускная способность распределительной линии, ограниченная допустимой по нагреву плотностью тока.

Количественные значения натуральной мощности $P_{НАТ}$ и пропускной способности $P_{(э)}$, $P_{(0t)}$ распределительных линий различных классов напряжения, определенные по выражениям (1), (5) и (6), представлены в табл. 1.

Пропускная способность $P_{(э)}$ определена для типичного значения экономической плотности тока $I_{э} = 1 \text{ А/мм}^2$, а пропускная способность $P_{(0t)}$ – для значений плотности тока $J_{(0t)}$, соответствующих длительному допустимому току фазного провода соответствующей марки и сечения.

В табл. 2 представлены значения пропускной способности распределительных линий 6–110 кВ при экономической и допустимой по нагреву плотности тока в фазных проводах, выраженные в долях натуральной мощности:

$$P_{(э)}^* = P_{(э)} / P_{НАТ} \text{ и } P_{(0t)}^* = P_{(0t)} / P_{НАТ}$$

Как видно, для распределительных линий с номинальным напряжением 6–35 кВ режимы передачи мощности $P_{(э)}$ и $P_{(0t)}$ весьма далеки от режима передачи натуральной мощности. Только для распределительных линий класса 110 кВ натуральный режим

Таблица 1

Основные параметры и режимные характеристики распределительных линий

$U_{НОМ}$, кВ	Марка провода	X_0 , Ом/км	$B_0 \times 10^{-6}$, См/км	q	Z_B , Ом	$J_{(0t)}$, А/мм ²	$P_{НАТ}$, МВт	$P_{(э)}$, МВт	$P_{(0t)}$, МВт
6	АС-35	0,457	2,38	0,45	438	5,0	0,082	0,364	1,82
10	АС-50	0,453	2,46	0,58	429	4,2	0,283	0,866	3,64
20	АС-70	0,445	2,54	1,04	419	3,8	0,955	2,43	9,234
35	АС-95	0,435	2,61	1,42	409	3,5	2,995	5,76	20,16
110	АС-150	0,42	2,7	2,12	395	2,97	30,6	28,58	85
110	АС-240	0,406	2,802	3,35	380	2,52	31,84	45,73	115,24

Таблица 2

Пропускная способность распределительных линий в долях натуральной мощности

$U_{НОМ}$, кВ	6	10	20	35	110(240)	110(150)
$P_{(э)}^*$	4,4	3,72	2,55	1,92	1,44	0,934
$P_{(0t)}^*$	22,2	15,26	9,67	6,73	3,62	2,78

возможен при работе с экономической плотностью тока.

В общем случае, волновое сопротивление однородной линии с потерями является комплексной величиной и определяется выражением

$$\dot{Z}_{B(\Pi)} = \sqrt{\frac{r_0 + jx_0}{g_0 + jb_0}},$$

где r_0 – погонное активное сопротивление линии; g_0 – погонная активная проводимость линии.

Для распределительных линий с номинальным напряжением 6÷110 кВ активной проводимостью можно пренебречь и принять $g_0 = 0$. Тогда волновое сопротивление линии с потерями будет определяться комплексной величиной

$$\dot{Z}_{B(\Pi)} = Z_B \cdot \sqrt{\frac{q-j}{q}}, \quad (7)$$

где Z_B – волновое сопротивление линии без потерь (действительная величина); $q = x_0/r_0$ – добротность линии без емкостной проводимости.

Используя известное соотношение между квадратным корнем из комплексного числа и алгебраической формой записи комплексного числа [6]:

$$\sqrt{q-j} = \sqrt{\frac{\sqrt{q^2+1}+q}{2}} - j \cdot \sqrt{\frac{\sqrt{q^2+1}-q}{2}}, \quad (8)$$

выражение (7) также нетрудно представить в алгебраической форме

$$\dot{Z}_{B(\Pi)} = \frac{Z_B}{\sqrt{2}} \cdot \left[\sqrt{\sqrt{q^2+1}+1} - j \sqrt{\sqrt{q^2+1}-1} \right] = Z_{B(\Pi)} \cdot e^{j\varphi_{B(\Pi)}}, \quad (9)$$

позволяющей определить модуль $Z_{B(\Pi)}$ и аргумент $\varphi_{B(\Pi)}$ комплекса волнового сопротивления распределительной линии с потерями

$$Z_{B(\Pi)} = Z_B \cdot \sqrt[4]{q^2+1}, \quad (10)$$

$$\varphi_{B(\Pi)} = \arctg \sqrt{\frac{\sqrt{q^2+1}-1}{\sqrt{q^2+1}+1}}. \quad (11)$$

Тогда натуральная мощность распределенной линии с потерями с учетом (1) и (10) будет определяться величиной

$$P_{\text{НАТ}(\Pi)} = \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{Z_{B(\Pi)}} = \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{Z_B} \cdot \frac{1}{\sqrt[4]{q^2+1}} = \frac{P_{\text{НАТ}}}{\sqrt[4]{q^2+1}}. \quad (12)$$

В табл. 3 представлены количественные значения аргумента и модуля $Z_{B(\Pi)}^* = Z_{B(\Pi)}/Z_B$ волнового сопротивления, а также натуральной мощности $P_{\text{НАТ}(\Pi)}^* = P_{\text{НАТ}(\Pi)}/P_{\text{НАТ}}$ вычисленные с помощью выражений (10)–(12) для возможного диапазона значений добротности $q=0,5 \div 5,0$.

Как видно, в диапазоне значений $q=0,5 \div 3,0$, характерных для распределительных линий с номинальным напряжением 6÷110 кВ (см. табл. 1), волновое сопротивление и натуральная мощность существенно изменяются – на 47 и 28 % соответственно. При увеличении добротности линии (уменьшении погонного активного сопротивления) волновое сопротивление уменьшается, а натуральная мощность линии увеличивается.

При $q \geq 3,0$, характерных для магистральных линий с номинальным напряжением 220 кВ и выше, натуральная мощность практически не зависит от погонного активного сопротивления и может определяться с помощью выражения (1) как натуральная мощность линии без потерь.

Сравнительный анализ данных табл. 1 и 3 показывает, что увеличение только добротности недостаточно для увеличения натуральной мощности до уровней, определяемых выражениями (5), (6). Это объясняется тем, что диапазон изменения добротности достаточно узкий, а увеличение сверх значения $q=3$ неэкономично. Кроме того, для увеличения добротности необходима полная замена проводов линии, т.е. реконструкция распределительной линии [7]. Однако такое трудоемкое и затратное мероприятие принесет весьма ограниченный технический эффект в виде увеличения натуральной мощности не более чем на 30 %.

Увеличение номинального напряжения распределительной линии, как показывают выражения (12), (5) и (6), сопровождается опережающим ростом натуральной мощности по сравнению с пропускной

Таблица 3

Волновое сопротивление и натуральная мощность распределительных линий с потерями

q	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
$Z_{B(\Pi)}^*$	1,5	1,19	1,06	1,03	1,02	1,01
$\varphi_{B(\Pi)}$	32	22	13	9	7	6
$P_{\text{НАТ}(\Pi)}^*$	0,67	0,84	0,95	0,97	0,98	0,99

способностью, ограниченной экономической или допустимой по нагреву плотностью тока. Но только при $U_{НОМ} = 110$ кВ, как видно из табл. 1, начинает выполняться условие (5) и появляется возможность работы в натуральном режиме. Однако увеличение номинального напряжения означает полную реконструкцию линии с заменой не только проводов, но и изоляторов и опор.

Анализ (12) показывает еще одну возможность увеличения натуральной мощности распределительной линии, связанную с многократным уменьшением волнового сопротивления. Поскольку номинальное напряжение при этом не изменяется, то уменьшение волнового сопротивления способно обеспечить существование натурального режима для любой распределительной линии 6÷110 кВ.

Уменьшить волновое сопротивление, как видно из выражения (7), можно либо путем уменьшения погонного индуктивного сопротивления, либо путем увеличения погонной емкостной проводимости. В первом случае должна осуществляться продольная емкостная компенсация, а во втором – поперечная емкостная компенсация [2,3].

Продольная емкостная компенсация. На рис. 1 показан фрагмент распределительной сети радиальной топологии с центром питания (ЦП). Продольная емкостная компенсация осуществляется путем включения конденсаторных батарей в расщелку фазных проводов распределительной линии, как показано на рис. 1.

Такие установки продольной компенсации (УПК) получили применение в электрических сетях практически всех напряжений от 6 до 500 кВ включительно [3,8,9]. При продольной емкостной компенсации волновое сопротивление распределительной линии будет уменьшаться в соответствии с выражением

$$\dot{Z}_{B(L)} = \sqrt{\frac{(r_0 + jx_0) \cdot l - jx_c}{jb_0 \cdot l}}, \quad (13)$$

где r_0 – погонное активное сопротивление линии; x_0 , b_0 – погонное индуктивное сопротивление и погонная емкостная проводимость линии соответственно; $x_c = 1/\omega C$, C – емкостное сопротивление и емкость УПК соответственно; ω – угловая частота питающего напряжения; l – длина распределительной линии.

Для упрощения дальнейшего анализа выражение (13) целесообразно преобразовать к виду

$$\dot{Z}_{B(L)} = Z_B \cdot \sqrt{\frac{(1 - K_L) \cdot q - j}{q}}, \quad (14)$$

где $K_L = x_c/x_0 l = x_c/x_L$ – степень продольной компенсации; $x_L = x_0 l$ – индуктивное сопротивление распределительной линии.

Развернутая алгебраическая форма записи комплексной величины (14), полученная с помощью соотношений [6]

$$\dot{Z}_{B(L)} = \frac{Z_B}{\sqrt{2}} \cdot \left[\sqrt{q^{-2} + (1 - K_L)^2} + (1 - K_L) - j \sqrt{q^{-2} + (1 - K_L)^2 - (1 - K_L)} \right],$$

позволяет определить модуль комплекса волнового сопротивления распределительной линии с потерями при включении УПК

$$Z_{B(L)} = Z_B \cdot \sqrt[4]{q^{-2} + (1 - K_L)^2} \quad (15)$$

и натуральную мощность

$$P_{НАТ(L)} = \frac{U_{НОМ}^2}{Z_{B(L)}} = \frac{P_{НАТ}}{\sqrt[4]{q^{-2} + (1 - K_L)^2}}. \quad (16)$$

Поскольку при осуществлении продольной емкостной компенсации необходимо выполнять условие $x_c \leq x_0 l$, то диапазон возможных значений степени продольной компенсации должен составлять $0 \leq K_L \leq 1,0$.

В частности, при $K_L = 0$, т.е. при шунтировании УПК продольная емкостная компенсация отсутствует, а при $K_L = 1,0$, т.е. при полной компенсации индуктивного сопротивления распределительной линии, модуль комплекса волнового сопротивления принимает минимально возможное значение

$$Z_{B(L)min} = \frac{Z_B}{\sqrt{q}},$$

а натуральная мощность увеличивается до максимально возможного значения

$$P_{НАТ(L)max} = P_{НАТ} \cdot \sqrt{q}.$$

Таким образом, даже при полной компенсации индуктивного сопротивления распределительной линии натуральная мощность может быть увеличена только в $\sqrt{q}$ раз. Учитывая реальный диапазон значений добротности распределительных линий $q = (0,45 \div 3,35)$, натуральная мощность с помощью продольной емкостной компенсации может быть увеличена не более чем в 1,83 раза. Следует также отметить, что при $q < 1,0$ продольная емкостная компенсация приводит даже к уменьшению натуральной мощности.

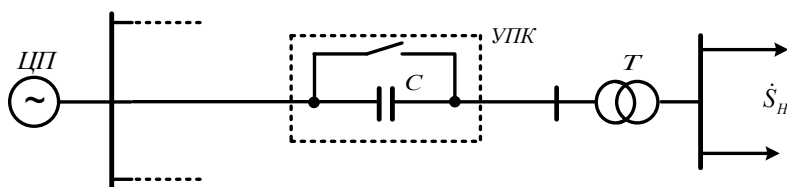


Рис. 1. Продольная емкостная компенсация распределительной линии

Еще одно негативное последствие продольной компенсации заключается в том, что неизбежно появляется перепад напряжения ΔU_C на конденсаторной батарее, величина которого ограничивается возможностью подключения потребителей после УПК. При допустимых перепадах напряжения $\Delta U_C = (10 \div 15) \%$ степень продольной компенсации ограничена значениями $K_L = (0,4 \div 0,6)$ [3]. В результате возможности продольной емкостной компенсации по увеличению натуральной мощности распределительной линии с потерями оказываются еще более ограниченными.

Поперечная емкостная компенсация. Осуществляется для увеличения емкостной проводимости распределительной линии, которое приведет к уменьшению волнового сопротивления и увеличению натуральной мощности. Идеальной может быть непрерывная и равномерная компенсация погонной емкостной проводимости за счет увеличения собственной емкости фазных проводов распределительной линии. Для этого необходимо одновременно уменьшать расстояние между фазными проводами и увеличивать фактический радиус фазного провода (например, за счет расщепления фазных проводов).

Однако радикально уменьшить расстояние между фазными проводами невозможно по условиям электрической прочности воздушных промежутков. Расщепление фазных проводов является дорогостоящим мероприятием, которое вряд ли экономически оправданно для сравнительно коротких распределительных линий 6–110 кВ. Кроме того, изменение геометрических размеров распределительной линии и фазных проводов даст весьма ограниченный технический эффект увеличения погонной емкостной проводимости и уменьшения волнового сопротивления.

Гораздо более эффективной и рациональной является практическая реализация поперечной емкостной компенсации с помощью сосредоточенных конденсаторов, равномерно распределенных вдоль линии. Для этого линия длиной l разделяется в общем случае на n одинаковых участков, к каждому из которых подключается конденсатор. Возможны два варианта размещения конденсаторов на участке линии, как показано на рис. 2.

В первом случае конденсаторы включаются по концам каждого участка линии l/n (рис. 2, а), а во втором случае конденсаторы включаются в середине каждого участка длиной l/n (рис. 2, б). В обоих случаях суммарная емкость конденсаторов одинакова

$$C_z = n \times C,$$

но количество конденсаторов разное. В первом случае (рис. 2, а) для реализации поперечной емкостной компенсации необходимы $(n-1)$ конденсаторов с емкостью C и два конденсатора с емкостью $C/2$, а во втором случае (рис. 2, б) необходимы n одинаковых конденсаторов емкостью C . Поэтому второй вариант распределения конденсаторов вдоль линии с точки

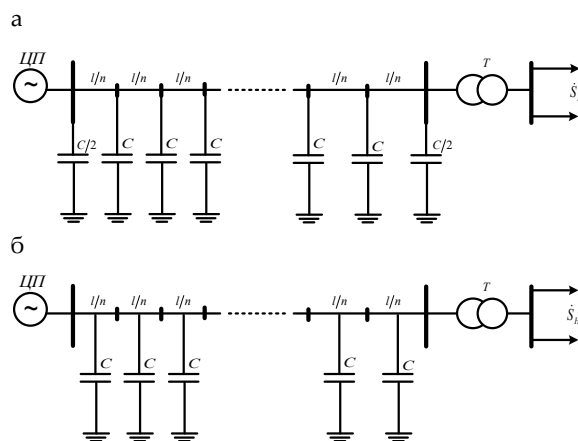


Рис. 2. Поперечная емкостная компенсация распределительной линии с конденсаторами на концах (а) и в середине (б) участков

зрения практической реализации выглядит предпочтительней.

Волновое сопротивление и натуральная мощность компенсированной распределительной линии. Для увеличения натуральной мощности распределительной линии 6–110 кВ до уровня пропускной способности, ограниченной по экономической плотности тока или допустимой по нагреву плотности тока, необходимо соответствующим образом уменьшить волновое сопротивление посредством поперечной емкостной компенсации.

Учитывая равномерность распределения конденсаторов, волновое сопротивление компенсированной распределительной линии можно определить с помощью выражения

$$\dot{Z}_{B(K)} = \frac{\sqrt{(r_0 + jx_0) \cdot l}}{\sqrt{(jb_0 + jb_{K(0)}) \cdot l}} = \sqrt{\frac{r_0 + jx_0}{j \cdot (b_0 + b_{K(0)})}}, \quad (17)$$

где $b_{K(0)} = n \times b / l = n \times \omega \times C / l$ – «погонная» емкостная проводимость конденсаторов C поперечной емкостной компенсации; n – количество конденсаторов поперечной емкостной компенсации.

Тогда расчетная величина

$$C_{K(0)} = \frac{n \cdot C}{l}$$

представляет собой часть суммарной емкости конденсаторов поперечной емкостной компенсации, приходящейся на единицу длины (1 км) распределительной линии. Выражение (17) путем несложных преобразований приводит к более удобному для дальнейшего анализа виду

$$\dot{Z}_{B(K)} = \frac{Z_B}{\sqrt{q \cdot (K_C + 1)}} \cdot \sqrt{q \cdot j}, \quad (18)$$

где $K_C = b_{K(0)} / b_0 = C_{K(0)} / C_0$ – степень поперечной емкостной компенсации.

С использованием преобразования [6] комплексная величина волнового сопротивления компенсированной распределительной линии представляется в алгебраической форме

$$\dot{Z}_{B(K)} = \frac{Z_B}{\sqrt{2 \cdot (K_C + 1)}} \cdot \left[\sqrt{\sqrt{q^{-2} + 1} + 1} - j \cdot \sqrt{\sqrt{q^{-2} + 1} - 1} \right], \quad (19)$$

позволяющей определить модуль $Z_{B(K)}$ и аргумент $\varphi_{B(K)}$:

$$Z_{B(K)} = Z_B \cdot \sqrt{\frac{\sqrt{q^{-2} + 1}}{K_C + 1}}, \quad (20)$$

$$\varphi_{B(K)} = \sqrt{\frac{\sqrt{q^{-2} + 1} - 1}{\sqrt{q^{-2} + 1} + 1}}. \quad (21)$$

Как видно, аргумент волнового сопротивления не зависит от наличия поперечной емкостной компенсации и определяется только параметрами некомпенсированной распределительной линии с потерями. В частности, при отсутствии потерь ($q = \infty$) аргумент волнового сопротивления обращается в нуль ($\varphi_{B(K)} = 0$).

С учетом (20) натуральная мощность компенсированной распределительной линии с потерями будет определяться выражением

$$P_{\text{НАТ}(K)} = \frac{P_{\text{НАТ}}}{\sqrt[4]{q^{-2} + 1}} \cdot \sqrt{K_C + 1} = P_{\text{НАТ}(\Pi)} \cdot \sqrt{K_C + 1}, \quad (22)$$

которое показывает достаточно высокую эффективность поперечной емкостной компенсации.

Это объясняется тем, что величина степени поперечной емкостной компенсации может изменяться в диапазоне $0 \leq K_C \leq \infty$, теоретически обеспечивая возможность уменьшения волнового сопротивления до нулевого значения ($Z_{B(K)} \rightarrow 0$) и соответственно теоретически неограниченного увеличения натуральной мощности ($P_{\text{НАТ}(K)} \rightarrow 0$).

Выражение (22) позволяет решить и обратную задачу определения необходимой степени поперечной емкостной компенсации для повышения натуральной мощности до наперед заданного значения

$$K_C = \left[(P_{\text{НАТ}(K)}^*)^2 \cdot \sqrt{q^{-2} + 1} - 1 \right], \quad (23)$$

где $P_{\text{НАТ}(K)}^* = P_{\text{НАТ}(K)} / P_{\text{НАТ}(\Pi)}$ – относительная величина натуральной мощности компенсированной распределительной линии.

Если необходимо увеличить натуральную мощность распределительной линии до значения пропускной способности, ограниченной экономической плотностью тока, то степень поперечной емкостной компенсации должна принимать значение

$$K_{C(\varnothing)} = \left[(P_{(\varnothing)}^*)^2 \cdot \sqrt{q^{-2} + 1} - 1 \right], \quad (24)$$

а если до значения пропускной способности, ограниченной допустимой по нагреву плотностью тока, то степень поперечной емкостной компенсации должна составить

$$K_{C(0t)} = \left[(P_{(0t)}^*)^2 \cdot \sqrt{q^{-2} + 1} - 1 \right], \quad (25)$$

где $P_{(\varnothing)}^* = P_{(\varnothing)} / P_{\text{НАТ}(\Pi)}$, $P_{(0t)}^* = P_{(0t)} / P_{\text{НАТ}(\Pi)}$ – относительные величины пропускной способности компенсированной распределительной линии, ограниченные экономической плотностью тока и допустимой по нагреву плотностью тока соответственно.

В табл. 4 представлены количественные оценки степени поперечной емкостной компенсации, полученные с помощью выражений (24) и (25) и необходимые для увеличения натуральной мощности распределительных линий.

Учитывая незначительную величину погонной емкости распределительных линий (8,25÷8,53) нФ/км, радикальное уменьшение волнового сопротивления и соответственно увеличение натуральной мощности, например в 10 раз, может быть обеспечено с помощью сравнительно небольших по емкости конденсаторов порядка (0,82÷0,845) мкФ/км [10].

Следует отметить, что при поперечной емкостной компенсации одновременно с волновым сопротивлением будет изменяться и волновая длина распределительной линии. Для предварительной оценки волновой длины компенсированных распределительных линий без учета потерь можно воспользоваться соотношением

$$\lambda'_{(K)} = l \cdot \sqrt{x_0 \cdot b_0 \cdot (K_C + 1)} = \lambda \cdot \sqrt{K_C + 1}, \quad (26)$$

где $\lambda'_{(K)}$ – волновая длина компенсированной распределительной линии без потерь; $\lambda = l \cdot \sqrt{x_0 b_0}$ – волновая длина некомпенсированной распределительной линии без потерь.

Сравнивая (26) с (22), можно отметить, что при осуществлении поперечной емкостной компенсации волновая длина возрастет во столько же раз, во сколько увеличится натуральная мощность распределительной линии. Однако указанное обстоятельство, учитывая незначительную физическую длину распределительных линий, не является препятствием для реализации поперечной емкостной компенсации.

Таблица 4

Значения степени поперечной емкостной компенсации для распределительных линий разных классов напряжения

$U_{\text{НОМ}}, \text{ кВ}$		6	10	20	35	110(240)	110(150)
$K_{C(\varnothing)}$	$q=0,5$	42,37	30	13,57	7,26	3,64	-
	$q=2,0$	20,68	14,5	6,28	3,13	1,32	-
$K_{C(0t)}$	$q=0,5$	1103	521	208,5	100,5	28,35	16,31
	$q=2,0$	551	260	103,73	49,73	13,68	7,66

Выводы. Поперечная емкостная компенсация не накладывает технических ограничений на возможность увеличения натуральной мощности распределительной линии в отличие от продольной емкостной компенсации, возможности которой ограничиваются активным сопротивлением фазных проводов. Определена степень поперечной емкостной компенсации, необходимой для увеличения натуральной мощности распределительной линии до уровня пропускной способности, ограниченной экономической плотностью тока или допустимой по нагреву плотностью тока в фазных проводах.

Для выбора величины емкости конденсаторов поперечной емкостной компенсации отсутствуют какие-либо технические ограничения, позволяя получить необходимую величину натуральной мощности. Практическая реализация поперечной емкостной компенсации может быть осуществлена с помощью мачтовых конденсаторных батарей, установка которых не требует реконструкции распределительной линии.

Компенсированные распределительные линии могут служить одним из средств повышения коэффициента мощности в распределительных сетях с высоким уровнем потребления реактивной мощности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зуев Э.Н. Взгляд на проблемы передачи электроэнергии // ЭЛЕКТРО. 2005. №2. С. 2–8.
2. Рыжов Ю.П. Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения: учебник для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 488 с.
3. Передача и распределение электрической энергии / А.А. Герасименко, В. Т. Федин. Изд. 2-е. Ростов н/Д: Феникс, 2008. 715с.
4. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / Ю. С. Железко. М.: ЭНАС, 2009. 456 с.
5. Электротехнический справочник: в 4 т. Т.3. Производство, передача и распределение электрической линии / под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. 9-е изд. стер. М.: Издательство МЭИ, 2004. 964 с.
6. Берд Дж. Инженерная математика: карманный справочник / пер. с англ. М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008. 544 с.
7. Алексеев Б.А. Повышение пропускной способности воздушных линий электропередачи и применение проводов новых марок // ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2009. №3. С.45–50.
8. Kimbark E.W. Improvement of system stability by switched series capacitors. IEEE Trans. On Power Apparatus and Systems, 1966, vol. PAS-85. № 2.
9. Ивакин В.Н., Магницкий А.А. Устройства продольной компенсации на полностью управляемых силовых полупроводниковых приборах // Электротехника. 2008. №10. С.47–57.
10. Кувшинов А.А., Хренников А.Ю., Карманов В.Ф., Замула К., Володин Е., Шкурюпат И., Галиев И., Александров Н. Поперечная емкостная компенсация реактивной мощности в распределительных сетях // Новости электротехники. 2017. №1(103). С.28–31.

Об авторах:

КУВШИНОВ Алексей Алексеевич

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры электроснабжения и электротехники
Тольяттинский государственный университет
445020, Россия, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,
тел. +7 9297133998
E-mail: alekseikuvshinov@yandex.ru

ВАХНИНА Вера Васильевна

доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой электроснабжения и электротехники
Тольяттинский государственный университет
445020, Россия, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,
тел. +7 9272141700
E-mail: VVvahnina@yandex.ru

ЧЕРНЕНКО Алексей Николаевич

кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и электротехники
Тольяттинский государственный университет
445020, Россия, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,
тел. +7 9171342422
E-mail: tchernenko83@yandex.ru

KUVSHINOV Aleksey A.

Doctor of Engineering Science, Associate Professor, Professor of the Power Supply and Electrical Engineering Chair
Togliatti State University
445020, Russia, Togliatti, Belorusskaya str., 14,
tel. +7 (929)7133998
E-mail: alekseikuvshinov@yandex.ru

VAKHNINA Vera V.

Doctor of Engineering Science, Professor, Head of the Power Supply and Electrical Engineering Chair
Togliatti State University,
445020, Russia, Togliatti, Belorusskaya str., 14,
tel. +7 (927)2141700
E-mail: VVvahnina@yandex.ru

CHERNENKO Aleksey N.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Power Supply and Electrical Engineering Chair
Togliatti State University
445020, Russia, Togliatti, Belorusskaya str., 14,
tel. +7 (917)1342422
E-mail: tchernenko83@yandex.ru

Для цитирования: Кувшинов А.А., Вахнина В.В., Черненко А.Н. Компенсированная распределительная линия с повышенной натуральной мощностью // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 132-138. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.23.
For citation: Kuvshinov A.A., Vakhnina V.V., Chernenko A.N. Compensated distribution line with increased natural loading // Urban construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 132-138. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.23.

ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ

Приём статей для публикации в научно-техническом журнале «Градостроительство и архитектура» осуществляется в постоянном режиме.

1. В редакцию журнала необходимо вместе с рукописью статьи представить следующие документы:

- Сопроводительное письмо, подписанное руководителем организации, из которой представляется рукопись статьи. *Для аспирантов, соискателей и работников СамГТУ сопроводительное письмо представлять не требуется.*

- Рекомендацию кафедры, отдела, научно-технического совета или иного правомочного органа (заверенную выписку из протокола заседания) о публикации статьи в журнале.

- Экспертное заключение из организации, представляемой рукописью статьи, о возможности опубликования в открытой печати.

- Внешняя рецензия на рукопись статьи, оформленная по установленному редакцией образцу и заверенная по месту работы рецензента. *Факт наличия рецензии не отменяет процедуры экспертной оценки, организованной редакцией: все статьи подлежат обязательному независимому рецензированию.*

- Лицензионный договор.

Статьи должны быть оформлены в соответствии со следующими правилами:

1. Рукопись статьи оформляется в программе Microsoft Word для Windows.

2. Общие требования к оформлению документа:

- Формат страницы – А4, ориентация книжная
- Размеры полей страниц: верхнее, нижнее, левое – по 20 мм, правое – 10 мм

- Нумерация страниц – в нижней правой части
- Абзацный отступ – 1,25 см
- Шрифт текста рукописи – Times New Roman

Сут, размер 14pt

- Междустрочный интервал – 1,0
- Общий объём рукописи (включая иллюстрации и таблицы) – не более 10 страниц. *Указанное ограничение объёма рукописи не распространяется на сведения об авторах.*

3. Формулы следует полностью набирать с использованием редакторов формул MathType 6 или MS Equation 3.0. Запись формулы выполняется автором(ами) с использованием всех возможных способов упрощения и не должна содержать промежуточные преобразования.

4. Иллюстрации выполняются черно-белыми (с хорошей проработкой деталей) в программах Corel Draw (с расширением *.cdr) или других редакторах (с расширением *.jpeg или *.tiff). Подписи к иллюстрациям набираются шрифтом Times New Roman Сут,

размер 14pt. Общее количество иллюстраций в статье, как правило, не более четырёх. Все графические материалы должны быть доступны для редактирования, поэтому необходимо представлять их в исходном формате.

5. Таблицы оформляются на отдельных листах формата А4, шрифт – Times New Roman Сут, размер 12pt. Названия таблиц размещаются в правом верхнем углу над таблицей. Все наименования, представленные в таблицах, даются без сокращений.

6. Библиографический список литературных источников размещается в конце текста статьи, при этом нумерация дается в порядке последовательности ссылок. На все литературные источники должны быть ссылки в тексте статьи [в квадратных скобках]. В библиографический список включаются только те работы, которые опубликованы в печати на момент представления рукописи статьи в редакцию. При ссылках на нормативные документы, например СНиП, номер и название документа указываются непосредственно в тексте статьи. Библиографический список должен быть оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5-2008.

7. Для оформления англоязычной части статьи (сведения об авторе(ах), название статьи, аннотация) необходимо соблюдать следующие требования:

- сведения об авторах последовательно для каждого: фамилия, имя, отчество полностью, транслитерированные в латинские символы (смотри «Правила транслитерации» на сайте <http://translit.net.ru>); ученая степень (Doctor – доктор наук, PhD – кандидат наук, MSc – магистр, с указанием научного направления); ученые звания (Professor – профессор, Associate Professor – доцент, Academician of ... – академик ..., Cor. Member of ... – член-корреспондент ..., Senior Researcher – старший научный сотрудник, Junior Researcher – младший научный сотрудник, Senior lecturer – старший преподаватель, Engineer – инженер, post-graduate student – аспирант, applicant – соискатель, master student – магистрант, student – студент); официальное англоязычное название организации (учреждения), города, страны;

- название статьи, аннотация и ключевые слова должны быть идентичны русскому варианту.

8. Структура размещения основных частей статьи:

- индекс УДК
- инициалы, фамилии автора(ов)
- название статьи на русском языке
- название статьи на английском языке
- аннотация статьи на русском языке (10 строк)
- аннотация статьи на английском языке
- ключевые слова на русском языке (до 10 словосочетаний)

- ключевые слова на английском языке
- текст статьи (предпочтительно с выводами)
- библиографический список
- полные сведения об авторе(ах) на русском языке: фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание, должность, контактные телефоны (с кодом города), e-mail автора(ов); наименование организации (с указанием почтового адреса учреждения), в которых работает автор(ы), на русском языке

- полные сведения об авторе(ах) на английском языке (см. выше).

9. Рукопись статьи, иллюстрации и таблицы должны быть представлены в редакцию:

- распечатанными с одной стороны на листах формата А4. Автор(ы) расписывается на обороте последней страницы и указывает дату;

- в электронном виде по электронной почте на адрес редакции vestniksgasu@yandex.ru, uc-arch@yandex.ru или на электронном носителе (CD, DVD или USB флеш-накопителе). Наименование файлов для отправки: рукописи статьи – «Фамилия автора_Название статьи»; иллюстраций – «Фамилия автора_номер рисунка»; таблиц – «Фамилия автора_номер таблицы». Названия файлов для отправки иллюстраций и таблиц должны совпадать с порядковым номером материала в рукописи статьи. Печатный и электронный варианты рукописи статьи должны быть идентичны.

10. Обращаем Ваше внимание на то, что рукописи, не соответствующие требованиям редакции, не рецензируются, не публикуются и не возвращаются авторам, при этом редакция по собственной инициативе в переговоры с авторами не вступает.

11. Публикации в журнале подлежат только оригинальные статьи, соответствующие тематическим направлениям журнала и ранее не публиковавшиеся в других изданиях.

12. При положительном решении редакции об опубликовании научной статьи с автором(ами) заключается лицензионный договор. Вознаграждение (гонорар) за опубликованные научные статьи не выплачивается.

13. Редакция имеет право представлять материалы научных статей в российские и зарубежные организации, обеспечивающие индексы научного цитирования, а также размещать данные материалы на Интернет-сайте журнала <http://journal.samgasu.ru>.

14. Авторский коллектив несет ответственность за неправомерное использование в научной статье объектов интеллектуальной собственности, объектов авторского права или «ноу-хау» в полном объеме в соответствии с действующим законодательством РФ.

15. Авторские права на каждый номер журнала (в целом) принадлежат учредителю журнала – СамГТУ. Перепечатка материалов журнала без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

16. Плата с аспирантов (единственный автор) за публикацию статей не взимается.

17. На платной основе в журнале и на сайте могут быть опубликованы материалы рекламного характера, имеющие прямое отношение к энергетике, архитектурно-строительной деятельности и образованию.

Подготовленные с учетом всех вышеперечисленных требований материалы научной статьи (рукопись статьи и сопроводительные документы к ней в печатном и электронном видах) должны быть запечатаны в конверт формата А4, на котором указывается адрес редакции: *Россия, 443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 194. ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Архитектурно-строительный институт. Ответственному секретарю научно-технического журнала « Градостроительство и архитектура».*

Конверт с материалами может быть отправлен по почте, доставлен службой курьерской доставки или лично автором(ами) или доверенным лицом автора(ов). В случае отправки лично или с использованием курьерской доставки, конверт необходимо сдать в редакцию журнала «Градостроительство и архитектура» по адресу: *г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 194, АСИ СамГТУ, корпус II, каб. 632.*

По всем вопросам, связанным с публикацией статей в научно-техническом журнале «Градостроительство и архитектура», обращаться к ответственному секретарю Досковской Марии Сергеевне по телефону (846) 242-36-98 или по e-mail: vestniksgasu@yandex.ru, uc-arch@yandex.ru.