

# ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

---

ISSN 2542-0151

№ 3 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, № 3

САМАРА  
2017

УДК 71+72

Градостроительство и архитектура=Urban construction and architecture. 2017. Т. 7, № 3. 138 с.

Учредитель:

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

Главный редактор – д.т.н., профессор М.И. БАЛЬЗАННИКОВ

Заместитель главного редактора – к.т.н., доцент К.С. ГАЛИЦКОВ

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

**Редакционная коллегия:**

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

Е.А. АХМЕДОВА, д. арх., профессор

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

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

С.Я. ГАЛИЦКОВ, д.т.н., профессор

А.Л. ГЕЛЬФОНД, д. арх., профессор

(Нижний Новгород)

В.П. ГЕНЕРАЛОВ, к. арх., профессор

Е.С. ГОГОЛЕВ, д.т.н., профессор

(Нижний Новгород)

Э.В. ДАНИЛОВА, к. арх., доцент

А.И. ДАНИЛУШКИН, д.т.н., профессор

В.В. ЕЛИСТРАТОВ, д.т.н., профессор

(Санкт-Петербург)

В.Н. ЗЕНЦОВ, д.т.н., профессор (Уфа)

В.И. КАЛАШНИКОВ, д.т.н., профессор (Пенза)

Т.В. КАРАКОВА, д. арх., профессор

В.И. КИЧИГИН, д.т.н., профессор

С.А. КОЛЕСНИКОВ, к. арх., доцент

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

М.М. МУХАММАДИЕВ, д.т.н., профессор (Ташкент)

В.Д. НАЗАРОВ, д.т.н., профессор (Уфа)

Н.Д. ПОТИЕНКО, к. арх., доцент

В.А. САМОГОРОВ, к. арх., профессор

Д. САФАРИК, гл. редактор СТВУН Journal (Шанхай)

Ф. СВИТАЛА, к.т.н., профессор (Люблин)

С.В. СОБОЛЬ, д.т.н., профессор (Нижний Новгород)

А.К. СТРЕЛКОВ, д.т.н., профессор

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. M.I. BALZANNIKOV

Deputy Editor – PhD in Engineering, Ass. Prof. K.S. GALITSKOV

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)

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.

E.S. GOGOLEV, D. Eng., Prof. (Nizhny Novgorod)

E.V. DANILOVA, PhD in Architecture, Ass. Prof.

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

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

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

V.I. KALASHNIKOV, D. Eng., Prof. (Penza)

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

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

S.A. KOLESNIKOV, PhD in Architecture, Ass. Prof.

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

M.M. MUKHAMMADIEV, D. Eng., Prof. (Tashkent)

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

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

V.A. SAMOGOROV, PhD in Architecture, Prof.

F. SVITALA, PhD in Engineering, Prof. (Lublin)

S.V. SOBOL, D. Eng., Prof. (Nizhny Novgorod)

D.SAFARIK (Shanghai)

A.K. STRELKOV, D. Eng., 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 № ФС77-68052 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 фото улицы Молодогвардейской города Самары

Подписано в печать 08.09.2017 г. Формат 60x90 1/8. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Печ. л. 17,25. Тираж 300 экз. Заказ № 1638.

Адрес редакции: 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, каб. 632

Телефоны: (846) 339-14-15, (846) 339-14-38

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 Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Ильдияров Е.В., Лукин А.О. Определение пожарно-технических характеристик комплексной облицовки стальной балки с гофрированной стенкой
- 10 Родионов И.К. Усиление сжатых стержней стальных ферм покрытия и сварочные деформации
- 14 Суворов А.А., Филатов В.Б. Аналитическое описание траектории наклонной трещины на основе нелинейной деформационной модели

#### ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

- 19 Пуринг С.М., Ватузов Д.Н., Титов Г.И. Оптимизация выбора параметров аппаратов очистки в системах местной вытяжной вентиляции

#### СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

- 24 Вронская Е.С. Динамический расчет призматических систем с учетом внутреннего трения

#### ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

- 28 Кичигин В.И., Скороходов С.Н. К вопросу о применимости величины  $\zeta$ -потенциала воды в качестве характеристики степени ее загрязненности
- 35 Стрелков А.К., Котовская Е.Е., Теплых С.Ю. Определение эффективности очистки воды поверхностных источников централизованного водоснабжения от органических загрязнений на примере г. Симферополя

#### СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- 46 Баранов А.С. Прочность и долговечность мелкоштучных изделий из гиперпрессованного фибробетона
- 50 Шеина Т.В., Авдеева Е.А. Габсионные и армогрунтовые конструкции

#### ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

- 57 Михасек А.А., Родионов М.В., Литвинова М.Г. Влияние текстильных синтетических полотен на несущую способность бетононаполняемых текстильных матов

#### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

- 63 Гвоздовский В.И., Князева М.Н., Сизова А.И. Экологические проблемы крупного города. Средства и методы решения

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

- 68 Востриков В.Н. Архитектурно-пространственное решение застройки Чёрновского шоссе города Куйбышева
- 72 Малахов С.А. Композиционный метод: актуализация модели мегаобъекта. Значение и процедуры
- 80 Монастырская М.Е., Песляк О.А. Современные методы делимитации границ городских агломераций
- 87 Пономаренко Е.В. Архитектурно-градостроительное развитие Верхояицкой казачьей крепости
- 95 Репина Е.А., Романова Д.Н. Стратегии взаимодействия анонимных и профессиональных языков в проектной практике

#### АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- 102 Банникова А.О., Калинин Н.А. Пассивное использование геотермальной энергии в индивидуальных жилых домах
- 106 Вавилова Т.Я., Каясова Д.С., Лукьянова Ю.А. Архитектурно-типологические приоритеты устойчивого развития урбанизированной среды
- 113 Потиевко Н.Д. Арендное жилье как социально-архитектурный эксперимент
- 117 Солодилов М.В., Коробова Е.С. Синтез архитектуры и монументально-декоративного искусства в архитектуре советского модернизма на примере Тольятти

#### ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

- 124 Котенко И.А., Мордвинова М.В. Ресурсосберегающие технологии в архитектуре

#### ЭНЕРГЕТИКА

#### ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

- 129 Чичерин С.В., Глухов С.В. Методика планирования нагрузок системы централизованного теплоснабжения
- 137 ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ

**Н.А. ИЛЬИН**  
**Д.А. ПАНФИЛОВ**  
**Е.В. ИЛЬДИЯРОВ**  
**А.О. ЛУКИН**

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПЛЕКСНОЙ ОБЛИЦОВКИ СТАЛЬНОЙ БАЛКИ С ГОФРИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ

DEFINING FIRE AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF A STEEL BEAM WITH CORRUGATED WEB AND ITS COMPLEX LINING

*В работе представлен метод определения требуемых показателей конструктивной огнезащиты несущего стержня стальной балки с гофрированной стенкой, выполненного в виде составного сварного двутавра, при использовании крупноразмерной листовой и плитной облицовки. Показаны результаты патентных исследований по проблеме огнезащиты стальных конструкций, приведены аналоги, дан анализ их недостатков, выявлен уровень техники; приведены составляющие технического эффекта применения новой техники (устройства, изобретения, полезной модели), изложены мероприятия по достижению технологического эффекта; указаны особенности применения метода оценки пожарно-технических характеристик комплексной облицовки стальных конструкций, указаны особенности оценки показателей элементов составного двутавра; приведены новые аналитические уравнения для расчета показателей огнестойкости стальных элементов и методика определения геометрических и теплотехнической характеристики комплексной огнезащитной облицовки; приведен пример расчета по разработанному алгоритму.*

**Ключевые слова:** огнестойкость здания, стальные балки, конструктивная огнезащита, комплексная облицовка, пожарно-техническая характеристика, геометрические размеры элементов облицовки, требуемые показатели термодиффузии материалов, технологический эффект, ресурсоэнергосбережение

Массивные стальные конструкции здания при высокотемпературном воздействии в условиях пожара быстро (спустя 5 – 20 мин) утрачивают свою несущую способность, обрушаются сами и способствуют обрушению других конструкций здания.

*This new technical solution introduced in the paper is related to the area of fire safety and involves the method of determining required indicators of constructional fire-proof characteristics of a steel beam with corrugated web which in itself is a composite welded I-beam with large sheet and plate lining. The paper also delivers results of patent research on the problem of steel constructions fire protection and describes other similar technical solutions. The authors analyze shortcomings of these solutions and their technical level, identify tasks and objectives of their new technical solution and demonstrate technical effects of the new technology (such as devices, inventions, utility models). Further in the paper activities and measures to achieve the proper technological effect are outlined and application peculiarities of fire and technical characteristics of the integrated steel lining are indicated. The researchers also stress specifics of the I-beam components performance evaluation and put forward new analytical equations to calculate fire resistance characteristics of steel elements as well as a new methodology for determining geometric and heat-technical characteristics of complex fire-proof lining. There is also an example of calculations according the developed algorithm given in the paper.*

**Keywords:** fire resistance of a building, steel beams, constructive fire protection, complex lining, fire and technical characteristics, geometric dimensions of lining elements, required indicators of materials thermal diffusion, technological effect, resource-and-energy saving

В технической литературе [1] описывается приближенный метод оценки пожарно-технических характеристик комплексной облицовки стальной двутавровой балки здания, облицовку которой представляют в виде двух керамических скорлуп



толщиной 60 – 65 мм, плотно уложенных к стенке и нижней полке двутавра. Недостатком этого метода является то, что элементы облицовки выполняют из тяжелого материала – керамического камня толщиной 60 – 65 мм плотностью 1200 – 1400 кг/м<sup>3</sup>; это значительно увеличивает массу огнезащитной облицовки; наличие внутренних пустот (25 – 30 %) в керамическом камне благоприятствует быстрому прогреву облицовки до критических температур нагрева сварного двутавра и снижению предела огнестойкости на 20 – 25 %; изделия облицовки в виде скорлуп из керамического камня строительная промышленность в настоящее время не выпускает.

Кроме того, в научно-технической литературе [2] известен метод определения пожарно-технических характеристик стальной двутавровой балки здания, в котором огнезащитную облицовку из крупно-размерных листов и плит устанавливают на отnose в виде зазора не менее 25 мм между огнезащитной облицовкой и гранями защищаемого сварного двутавра; каркас огнезащитной облицовки выполняют в виде рамы, состоящей из стальных продольных и поперечных элементов высотой 40–75 мм; крепление стальных элементов каркаса между собой осуществляют самонарезающими винтами 5×25 и 5×45. Однако в этом методе применяется значительное число элементов каркаса и вследствие этого повышается расход металла на изготовление каркаса для огнезащитной облицовки; при проектировании пустот и зазоров между стенкой и полками сварного двутавра и плитками защитной облицовки принимают увеличенные размеры сечения облицованной балки (площадь сечения возрастает на 40–45 %; расход материалов облицовки – на 30–35 %); сокращается проектный предел огнестойкости огнезащитной стальной балки на 25–30 %; снижается надежность крепления элементов крупноразмерной листовой и плитной облицовки; уменьшается коррозионная стойкость стального двутавра; увеличивается погрешность в назначении геометрических размеров стальных элементов каркаса облицовки, а также размеров и теплотехнических характеристик листовой и плитной облицовки.

Наиболее близким к предлагаемому авторскому решению является метод определения пожарно-технических характеристик комплексной облицовки стальной балки здания, включающий определение вида стального проката и геометрических характеристик стального несущего стержня стальной балки, вид стального профиля для каркаса комплексной облицовки; нахождение интенсивности силовых напряжений в металле; выявление видов материалов, составляющих комплексную облицовку, установление показателей термодиффузии материалов облицовки; определение степени огнезащиты стального несущего стержня стальной балки комплексной облицовкой; нахождение требуемого нормами предела огнестойкости стальной балки здания [3]. Недостат-

ками этого метода является большая погрешность в назначении геометрических размеров стальных элементов каркаса комплексной облицовки, а также геометрических и теплофизических характеристик листовой и плитной облицовки, повышенный расход металла при выполнении стальных элементов каркаса облицовки балки в виде прокатных уголков и швеллеров, размеры прокатных профилей принимаются по конструктивным соображениям, а не по расчету; не предусматривается возможность демонтажа и выполнения работ по ремонту или усилению элементов конструкции, повторного нанесения антикоррозионных составов на стальные конструкции.

Задачами (целями) предлагаемого метода являются: повышение действенности и экономичности огнезащиты стальной балки здания, снижение погрешности при назначении геометрических размеров стальных элементов каркаса комплексной облицовки, а также геометрических и теплофизических характеристик элементов листовой и плитной облицовки стальной балки; снижение расхода стали и материалов листовой и плитной облицовки, повышение ресурсоэнергосбережения в процессе проведения огнезащиты стальной балки здания.

Технологический эффект<sup>1</sup> заключается в следующем:

- 1) повышение надежности крепления крупноразмерной листовой и плитной огнезащитной облицовки балки с гофрированной стенкой и элементов каркаса для нее;
- 2) сокращение числа элементов каркаса для огнезащитной облицовки (пожарного пояса); снижение массы металла и материалов облицовки;
- 3) снижение погрешности при проектировании геометрических размеров стальных элементов каркаса для облицовки, а также размеров листовой и плитной облицовки для оптимальной огнезащиты;
- 4) повышение ресурсоэнергосбережения материалов комплексной облицовки стальной балки в зависимости от требуемой степени огнестойкости здания; применение тонкостенных гнутых швеллеров для каркаса облицовки (взамен прокатных) приводит к экономии металла до 10 %;
- 5) проектирование геометрических размеров гнутых швеллеров принято по результатам теплотехнического расчета;
- 6) появление возможности демонтажа облицовки и выполнения работ по ремонту или усилению элементов конструкции, повторного нанесения антикоррозионных составов на стальные конструкции;

<sup>1</sup> Технологический эффект – результат решения поставленных задач (целей), на достижение которых направлена совокупность действий способа конструктивной огнезащиты.

- 7) производство работ с применением современных материалов облицовки стальной балки возможно как при положительных, так и при отрицательных температурах окружающей среды;
- 8) повышение надежности работы огнезащитной стальной балки в процессе нормальной эксплуатации здания и в условиях пожара;
- 9) упрощение монтажа элементов каркаса пожарного пояса и огнезащитой облицовки стальной балки;
- 10) повышение жесткости соединения сварного двутавра с листами и плитами облицовки и сопротивляемости огнезащитной облицовки механическим воздействиям;
- 11) повышение коррозионной стойкости стального несущего стержня балки с гофрированной стенкой и ремонтпригодности огнезащитной облицовки;
- 12) снижение трудоемкости монтажа элементов каркаса и элементов огнезащитной облицовки;
- 13) сокращение сварочных работ и мокрых строительных процессов.

Особенностью предлагаемого метода является то, что вначале выявляют наиболее слабый в статическом и тепловом отношении стальной элемент сварного двутавра, находят контрольные точки в сечении стального элемента сварного двутавра, назначают элементы усиленный полок сварного двутавра в виде гнутых профилей – швеллеров, уголков – каркаса термозащитных поясов стальной балки, затем вычисляют приведенную толщину металла  $T_{sr}$ , мм, – стального элемента сварного двутавра с усилением, используя уравнение

$$T_{sr} = A_s / P_0, \quad (1)$$

где  $A_s$  – площадь поверхности металла сечения стального элемента сварного двутавра, мм<sup>2</sup>;  $P_0$  – периметр обогрева стального элемента сварного двутавра, мм.

Время сопротивления  $r_{us}$ , мин, тепловому воздействию стального элемента сварного двутавра без огнезащиты вычисляют по аналитическому выражению

$$r_{us} = 6 \times \{ T_{sr} + 18,33 \times [(1 - J_{\sigma x})^{1/2} - 0,5] \}, \quad (2)$$

где  $T_{sr}$  – приведенная толщина металла элемента сварного двутавра, см;  $J_{\sigma x}$  – интенсивность силовых напряжений в стальном элементе сварного двутавра (0,1 – 1,0).

Требуемую степень огнезащиты стальной балки сварного двутавра  $C$ , см, с комплексной облицовкой вычисляют по логарифмическому уравнению

$$C = \ln[0,4 \times (R_{ин} - r_{us})^n], \quad (3)$$

где  $R_{ин}$  – требуемый предел огнестойкости несущей балки здания, мм;  $r_{us}$  – время сопротивления тепло-

вому воздействию стального элемента сварного двутавра без его огнезащиты, мин;  $n = 1$  – для полок,  $n = r_{us, min} / r_{us}$ , 3 – для гофрированной стенки.

Требуемую толщину материала облицовки  $\delta_{mp}$ , мм, стального элемента сварного двутавра определяют по показательному уравнению

$$\delta_{mp} = 0,7 \times C \times D_{\text{от}}^{0,8} / m_0, \quad (4)$$

где  $C$  – требуемая степень огнезащиты стального элемента сварного двутавра;  $D_{\text{от}}$  – показатель термодиффузии материала огнезащитной облицовки, мм<sup>2</sup>/мин;  $m_0$  – показатель условий нагрева контрольной точки стального элемента сварного двутавра (0,5 – 1,0).

Приведенную толщину  $b_r$ , мм, комплексной облицовки стального элемента сварного двутавра вычисляют, используя уравнение

$$b_r = \delta_{\text{эт}} + (\delta_{r, mp} - \delta_{\text{сн}}) \times D_{\text{эт}} / D_{\text{от}}, \quad (5)$$

где  $\delta_{\text{эт}}$  и  $\delta_{r, mp}$  – толщина слоя эталонного материала и требуемая толщина приведенной комплексной облицовки, мм;  $D_{\text{эт}}$  и  $D_{\text{от}}$  – показатель термодиффузии эталонного и сравниваемого с ним материала облицовки, мм<sup>2</sup>/мин.

Толщину материала облицовки стального элемента сварного двутавра, сравниваемого с эталонным материалом,  $\delta_{\text{пл}}$ , мм, вычисляют по алгебраическому уравнению

$$\delta_{\text{пл}} = (\delta_{r, mp} - \delta_{\text{эт}}) \times D_{\text{от}} / D_{\text{эт}}, \quad (6)$$

где  $\delta_{r, mp}$  и  $\delta_{\text{эт}}$  – толщина требуемого приведенного слоя и эталонного слоя покрытия, мм;  $D_{\text{от}}$  и  $D_{\text{эт}}$  – показатель термодиффузии сравниваемого слоя и эталонного слоя комплексной облицовки, мм<sup>2</sup>/мин.

Конструктивную толщину комплексной облицовки стального элемента сварного двутавра,  $b_{\text{кп}}$ , мм, определяют по выражению

$$b_{\text{кп}} = \delta_{\text{эт}} + \delta_{\text{пл}}, \quad (7)$$

где  $\delta_{\text{эт}}$  и  $\delta_{\text{пл}}$  – толщина слоя эталонного материала и материала, сравниваемого с ним, мм.

В качестве наиболее слабого в статическом и тепловом отношении стального элемента сварного двутавра принимают элемент, имеющий наименьшую длительность сопротивления тепловому воздействию без его огнезащиты  $r_{us, min}$ , мин.

Контрольную точку в поперечном сечении полки сварного двутавра определяют как направленно перемещенную точку размещения средней температуры неравномерно прогретого по сечению стального элемента сварного двутавра.

При расположении полки сварного двутавра параллельно оси  $x$  абсциссу ( $a_x$ ) и ординату ( $a_y$ ) определяют соответственно по уравнениям

$$a_x = \delta_x + (\delta_x \times \beta / 2)^{0,5 \times (\beta / H)^{0,25}} \leq B / 2; \quad (8)$$

$$a_y = \delta_y, \quad (9)$$

где  $\delta_x$  и  $\delta_y$  – толщина облицовки покрытия полки сварного двутавра соответственно по оси  $x$  и  $y$ , мм;  $a_x$  и  $a_y$  – глубина заложения контрольной точки сечения сварного двутавра по оси  $x$  и  $y$ , мм;  $\beta$  – ширина полки сварного двутавра, мм;  $B$  и  $H$  – ширина и высота поперечного сечения облицованной балки, мм.

Контрольную точку в поперечном сечении гофрированной стенки сварного двутавра при симметричном двухстороннем подводе тепла назначают в середине ее поперечного сечения ( $x = d/2$ , мм).

Показатель условий нагрева  $m_0$  стального элемента сварного двутавра при трехстороннем подводе

тепла к контрольной точке поперечного сечения элемента определяют по аналитическому уравнению

$$m_0 = (a_{y1} / \delta_x)^{0,5} / [1,5 + (a_{y1} / a_{y2})^4], \quad (10)$$

при двухстороннем несимметричном подводе тепла к контрольной точке – по степенному уравнению

$$m_0 = 0,5 \times (a_y / \delta_x)^{0,5}, \quad (11)$$

где  $a_y$ ,  $a_{y1}$  и  $a_{y2}$  – ординаты контрольной точки сечения полки, мм;  $\delta_x$  – толщина облицовки по оси  $x$ , мм.

Схема стальной балки с гофрированной стенкой приведена на рис. 1; схема сварного двутавра стальной балки с элементами усиления – на рис. 2; схема огнезащитного сварного двутавра стальной балки с гофрированной стенкой – на рис. 3.

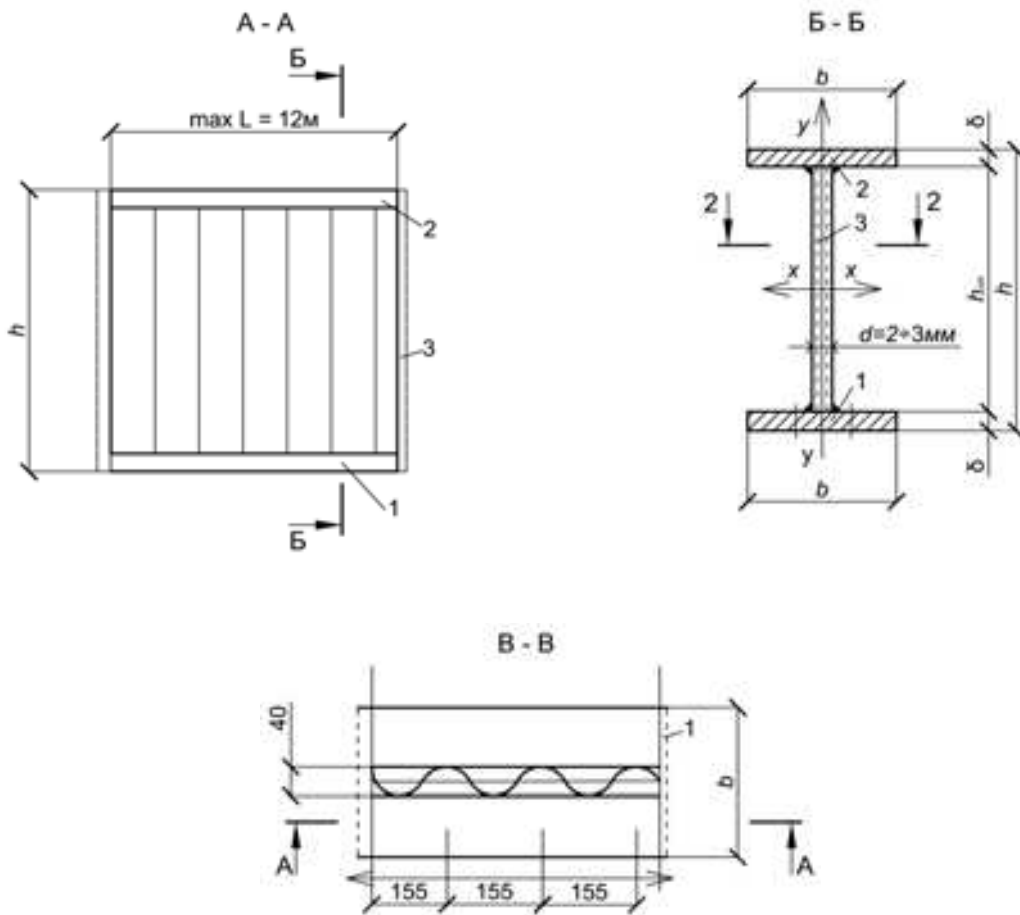


Рис. 1. Схема стальной балки с гофрированной стенкой: сечение А-А – продольный разрез; сечение Б-Б – поперечный разрез; сечение В-В – план стальной балки (без огнезащиты): 1 – растянутая полка; 2 – сжатая полка; 3 – гофрированная стенка;  $h$  и  $b$  – высота и ширина сварного двутавра стальной балки;  $d$  – толщина гофрированной стенки, мм;  $\delta$  – толщина полки стальной балки, мм



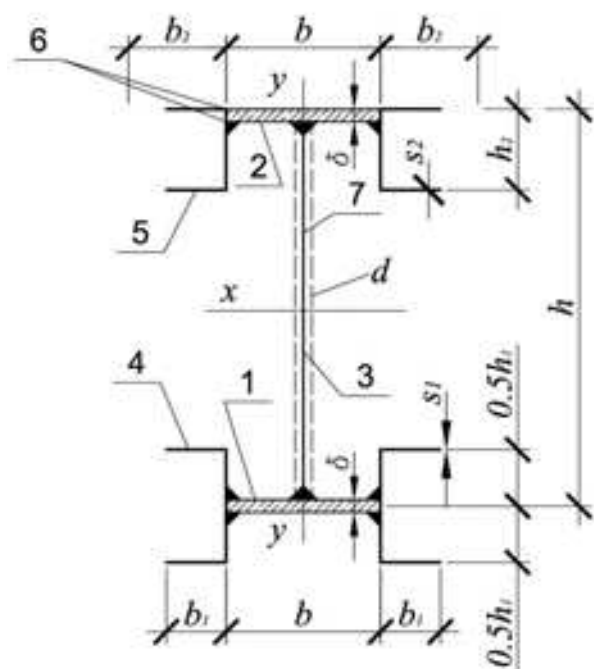


Рис. 2. Сварной двутавр стальной балки, полки которого оборудованы гнутыми стальными швеллерами – элементы каркаса термоизоляционного пояса (обогрев поперечного сечения стальной балки с трех граней): 1 – растянутая полка; 2 – сжатая полка; 3 – гофрированная стенка; 4 – швеллеры растянутой полки; 5 – швеллеры сжатой полки; 6 – сварной шов; 7 – антикоррозионное покрытие сварного двутавра;  $h_1 \times b_1 \times s_1$  – высота, ширина и толщина гнутого швеллера, прикрепленного к растянутой полке сварного двутавра стальной балки;  $h_2 \times b_2 \times s_2$  – высота, ширина и толщина гнутого швеллера, прикрепленного к сжатой полке сварного двутавра стальной балки;  $d$  – толщина гофрированной стенки, мм

**Выводы.** Использование предложенной методики оценки пожарно-технических характеристик комплексной облицовки стальных гофробалок существенно повышает действенность (эффективность) и экономичность огнезащиты гофробалок здания, а также ресурсосбережение при производстве строительных работ. Геометрические и теплофизические характеристики комплексной облицовки стальных элементов каркаса пожарного пояса определяют по расчету в зависимости от требуемого предела огнестойкости несущих конструкций здания. Применение тонкостенных гнутых швеллеров и уголков для каркаса пожарного пояса (взамен прокатных) приводит к экономии металла до 10 %. Показаны составля-

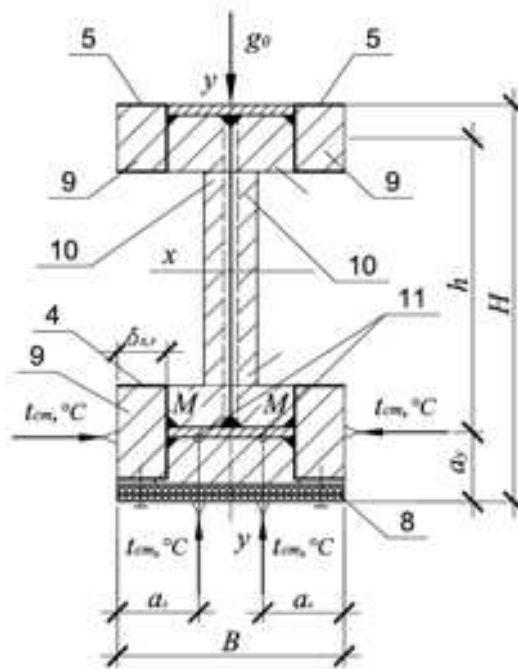


Рис. 3. Огнезащищенный сварной двутавр стальной балки (полки которого оборудованы гнутыми стальными швеллерами – каркас термозащитного пояса): 1 – растянутая полка; 2 – сжатая полка; 3 – гофрированная стенка; 4 – швеллеры растянутой полки; 5 – швеллеры сжатой полки; 6 – сварной шов; 7 – антикоррозионное покрытие сварного двутавра; 8 – гипсокартонные листы; 9 – минватная плита термозащитного пояса полки сварного двутавра; 10 – минватная плита термозащитного пояса полки гофрстенки; 11 – контрольные точки растянутой полки сварного двутавра;  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$  – направление подвода тепла в условиях огневого испытания;  $g_0$  – линейная испытательная нагрузка на несущую балку с гофрированной стенкой, кН;  $H \times B$  – общая высота и ширина балки с гофрированной стенкой с огнезащитной облицовкой, мм;  $a_x$  и  $a_y$  – глубина заложения контрольной точки поперечного сечения сварного двутавра балки с гофрированной стенкой по осям  $x$  и  $y$ , мм;  $\delta_{x,r}$  – толщина огнезащитной облицовки сварного двутавра балки с гофрированной стенкой, мм

ющие технологического эффекта нового технического решения и мероприятия по его достижению.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ройтман М.Я. Пожарная профилактика в строительном деле/ ВИПТШ, М., 1975. 525 с., (гл. 5 Огнезащита металлических конструкций; §5.2. Повышение огнестойкости стальных конструкций: рис. 5.2(б), с.116–117).
2. Романенков И.Г., Левитес Ф.А. Огнезащита строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1991. 320с. (гл.4 Конструктивные способы огнезащиты; п.4.2. – Крупногабаритные листовые, плитные и рулонные облицовки; рис. 8, с.131–133).

3. Патент № 2 522 110 (2006.1) МПК Е 04 В 1/94. Способ огнезащиты двутавровой балки здания / Н.А. Ильин, А.П. Шепелев, П.Н. Славкин, Р.Р. Ибатуллин, заяв. СГАСУ 25.10.2012; опубл. 27.04.2014, Бюл. №12.

4. Патент № 2161793, МПК-7 G 01 № 25/50. Способ определения огнестойкости изгибаемых железобетонных конструкций здания / Н.А. Ильин, М.Б. Пирогов, заяв. СГАСУ: 22.02.99; опубл. 10.01.01, Бюл. № 1.

5. Патент № 2 282 847 Способ определения огнестойкости облицованных металлических колонн здания / Н.А. Ильин, А.С. Ковалевский, Е.Ю. Пахомов, А.В. Черепанов; заяв. СГАСУ 06.09.2004; опубл. 27.08.2006, Бюл. № 24.

6. Патент № 2 320 982 Способ определения огнестойкости стальных огнезащищенных балок/ Н.А. Ильин, С.С. Ведерников; заяв. СГАСУ 04.07.2006; опубл. 27.03.2008, Бюл. № 9.

7. Патент № 2 381 491 Способ оценки параметров пожара в здании / Н.А. Ильин, С.С. Ведерников; заяв. СГАСУ 20.10.08; опубл. 10.02.10, Бюл. № 4.

8. Патент № 2 451 925 Способ изготовления образца для испытания огнезащитных покрытий / Н.А. Ильин, В.В. Фрыгин, А.П. Шепелев и др.; заяв. СГАСУ 30.06.2010; опубл. 27.05.2012, Бюл. № 1.

9. Ильин Н.А. Проектирование пожарной защиты зданий и сооружений: учебное пособие. Самара, 2013. 48 с.

10. Масалков И.Л., Плюсина Г.Ф., Фролов А.Ю. Огнестойкость строительных конструкций. М.: ЗАО «Спецтехника», 2001. 483 с.

11. Ройтман М.Я. Противопожарное нормирование в строительстве. 2-е изд. М.: Стройиздат, 1985. 590 с.

12. Пилогин А.П. Обеспечение взрывоустойчивости зданий с помощью предохранительных конструкций. М., 2003.

13. Собоурь С.В. Огнезащита строительных материалов и конструкций: справочник. М.: Спецтехника, 2008. 108 с.

14. Яковлев А.И. Расчёт огнестойкости строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1988. 143 с.

Об авторах:

#### **ИЛЬИН Николай Алексеевич**

кандидат технических наук, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Архитектурно-строительный институт 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (846) 339 14 71

#### **ПАНФИЛОВ Денис Александрович**

кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций Самарский государственный технический университет Архитектурно-строительный институт 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (846) 333 38 44  
E-mail: panda-w800i@yandex.ru

#### **ИЛЬДИЯРОВ Евгений Викторович**

кандидат технических наук, доцент кафедры металлических и деревянных конструкций Самарский государственный технический университет Архитектурно-строительный институт 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, E mail: ildevgenii@mail.ru

#### **ЛУКИН Алексей Олегович**

ассистент кафедры сопротивления материалов и строительной механики Самарский государственный технический университет Архитектурно-строительный институт 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (846) 339-14-48  
E-mail: a.o.lukin@rambler.ru

#### **ILYIN Nikolay A.**

PhD in Engineering Science, Professor of the Water Supply and Sewerage Chair Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel.(846) 339-14-71

#### **PANFILOV Denis A.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Building Structures Chair Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel.(846) 333-38-44  
E mail: panda-w800i@yandex.ru

#### **ILDIYAROV Evgeny V.**

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

#### **LUKIN Alexey O.**

Assistant of the Construction Mechanics and Resistance of Materials Chair Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. (846) 339-14-30  
E-mail: a.o.lukin@rambler.ru

Для цитирования: Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Ильдияров Е.В., Лукин А.О. Определение пожарно-технических характеристик комплексной облицовки стальной балки с гофрированной стенкой // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 4-9. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.1.

For citation: Ilyin N.A., Panfilov D.A., Ildiyarov E.V., Lukin A.O. Defining fire and technical characteristics of a steel beam with corrugated web and its complex // Urban Construction and Architecture. 2017. V.7, 3. Pp. 4-9. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.1.

**И.К. РОДИОНОВ****УСИЛЕНИЕ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ СТАЛЬНЫХ ФЕРМ ПОКРЫТИЯ И СВАРОЧНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ****ENHANCING COMPRESSED RODS OF STEEL COATING FARMS AND THEIR WELDING DEFORMATIONS**

Представлена методика расчёта сварочных прогибов, появляющихся при усилении методом увеличения сечений сжатых стержней стальных ферм покрытия. В основе методики лежит метод определения сварочных деформаций, известный как метод «фиктивных температур». Учитываются отличительные особенности усиления: наличие в усиливаемых элементах сжимающих напряжений от нагрузки, наплавка нескольких продольных швов, сложность, разнообразие сечений. Методика явилась базой для обоснования сварочных технологий, дающих возможность проводить усиление стержней стальных уголковых ферм при любых усилиях, включая предельные расчётные величины, а также существенно повысить эффект от проводимого усиления (по сравнению с традиционными технологиями).

**Ключевые слова:** стальные фермы покрытия, сжатые стержни, усиление, сварочные деформации

The paper provides a calculation methodology for weld deflections appearing when the method of cross-sections increase of compressed rods of steel coating farms is applied. The methodology is based on the method of determining welding deformations known as the "dummy temperatures" method. The following distinctive features of reinforcement are taken into account: pressure tension from loading in reinforced elements, surfacing of several longitudinal welds, complexity and variety of cross-sections.

**Keywords:** Steel coating farms, compressed rods, reinforcement, welding deformations

Обследование стальных стропильных ферм покрытия промышленных зданий нередко выявляет необходимость увеличения их несущей способности. Это достигается применением различных методов усиления, среди которых, как наиболее часто применяемый, можно выделить метод увеличения сечения стержней, в том числе и сжатых, путём присоединения к ним на сварке дополнительных стержневых элементов.

Сварка накладывает свои особенности (порой негативные) на работу усиливаемых элементов: имеет место разогрев стержней, появляются временные и остаточные деформации.

Проблема влияния сварки комплексно не исследовалась ни в одной из известных работ по усилению. Этим объясняется разноречивость имеющихся рекомендаций, создающая серьёзные проблемы для эксплуатационников: в качестве соединительных предлагаются и сплошные, и прерывистые швы с различными порядками их наплавки; без учёта технологических параметров сварки предлагаются разные величины предельно допустимых при усилении нагрузок (от 0,4 до 0,8 от полных, расчётных для усиливаемых элементов).

Очевидна необходимость проведения исследований для аргументированного обоснования рациональных технологий сварки. Такие исследования проведены в Тольяттинском государственном университете. Одним из результатов их явилась разра-

ботка методики расчёта сварочных деформаций, появляющихся при усилении сжатых стержней стальных ферм. В основу методики положен аналитический метод определения сварочных напряжений и деформаций профессора В.С. Игнатьевой, известный как метод «фиктивных температур».

Методика позволяет решать задачу определения деформаций (прогибов) для общего случая наплавки нескольких продольных швов любой длины с учётом наличия в основных элементах в момент усиления сжимающих напряжений от нагрузки. Общий план решения заключается в определении прогибов от наложения каждого шва в отдельности и затем нахождении результирующей величины этих прогибов с учётом их направления. Прогибы стержня от наплавки каждого шва определяются (при условии предварительного присоединения усиливающих элементов на прихватках) следующим образом:

- вычисляются доли эффективной тепловой мощности  $q_n$ , приходящиеся на основной  $q_n^0$  и  $q_n^y$  усиливающий элементы;
- рассчитываются остаточные сварочные напряжения в усиленном сечении, принимая во внимание напряжённое состояние этих элементов перед началом усиления;
- определяются прогибы усиленного стержня с учётом совместности работы составляющих его элементов.

Более подробно особенности методики определения прогибов от сварки можно рассмотреть на примере сжатого уголкового стержня, усиленного уголковыми элементами по схеме «коробочка» (рис. 1).

Порядок расчёта сварочных напряжений от тепловой мощности, приходящейся на элементы усиления, аналогичен порядку их расчёта в ненапряжённом элементе [1,2]:

- в расчётный момент времени (момент, соответствующий остыванию металла на оси шва до  $T_p = 600^\circ\text{C}$  в предположении упругой работы материала) рассчитывается распределение условных упругих температурных напряжений;
- вычисляются временные сварочные напряжения;
- находится величина пластической составляющей временных сварочных напряжений;
- рассчитывается распределение остаточных сварочных напряжений, рассматривая пластическую составляющую как свободную температурную деформацию от фиктивного источника тепла.

В отличие от элементов усиления, развитие сварочных деформаций в основном стержне происходит при наличии сжимающих напряжений от нагрузки. Учёт этого фактора при определении остаточных напряжений от тепловой мощности, приходящейся на уголки основного стержня, производится следующим образом:

1. Аналогично вышеприведённому, в расчётный момент времени  $t_p$  рассчитывается распределение условных упругих температурных напряжений  $\sigma_x^{yc\lambda}$  (рис.2):

$$\sigma_x^{yc\lambda} = \alpha_T E T(y, t_p),$$

где  $\alpha_T$  – коэффициент линейного температурного расширения;  $E$  – модуль упругих деформаций стали;  $T(y, t_p)$  – распределение температуры по ширине усиленного элемента в расчётный момент времени  $t_p$ .

Распределение  $T(y, t_p)$  может быть определено с помощью приближённого выражения предельного состояния процесса распределения тепла при нагреве пластины толщиной  $\delta_0$  мощным быстро движущимся линейным источником [3]:

$$T(y, t_p) = \frac{q_{\text{п}}^0}{\delta_0 \sqrt{4\pi\lambda c \gamma t_p}} \exp\left(-\frac{y^2}{4at_p}\right),$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности;  $c\gamma$  – удельная, объёмная теплоёмкость;  $a$  – коэффициент теплоотдачи.

2. Определяется пластическая составляющая временных напряжений, для чего производится следующее:

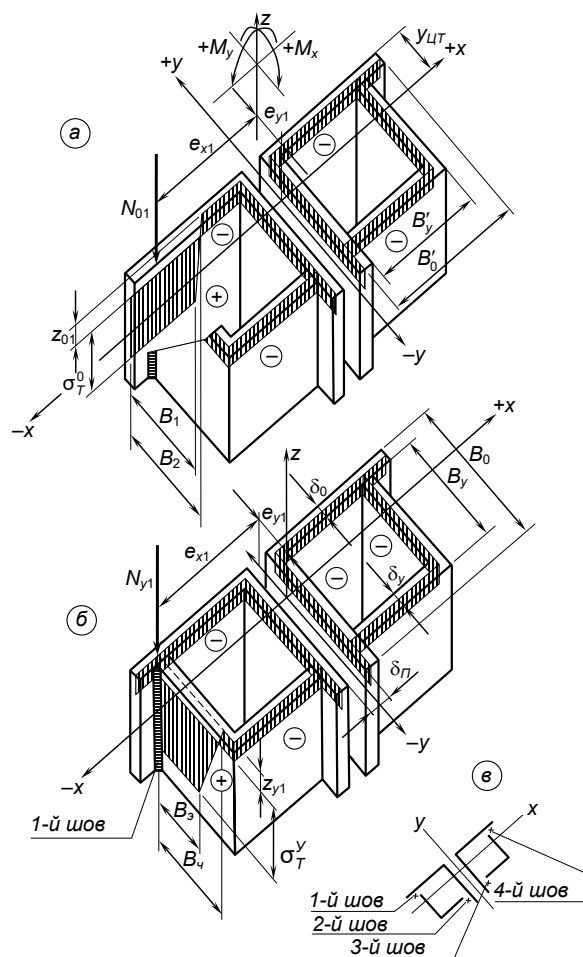


Рис. 1. Распределения остаточных сварочных напряжений

- для выполнения требований равенства внутренних сил нулю уравнивается распределение напряжений  $\sigma_x^{yc\lambda}$ , т.е. рассчитывается положение нулевой линии  $y_0^1$  (в первом приближении);
- от нулевой линии  $y_0^1$  откладывается, как функция температуры, предел текучести  $\sigma_T(T, y)$ , таким образом отсекается в первом приближении пластическая составляющая временных напряжений;
- после вычитания пластической составляющей условие равновесия вновь нарушается и определяется новое положение нулевой линии  $y_0^{11}$ , т.е. во втором приближении; от линии  $y_0^{11}$  откладывается  $\sigma_T(T, y)$  и производится уточнение пластической составляющей. При этом вновь нарушается условие равновесия. Уточнение пластической составляющей производится до тех пор, пока напряжения на участках сечения не будут превышать предел текучести. В большинстве случаев для инженерных задач достаточно второго приближения.

Полученное распределение временных напряжений не удовлетворяет второму условию равновесия, выражающемуся равенством нулю суммы моментов внутренних сил. Однако, как показывают расчёты, выполнение этого условия крайне незначительно влияет на величину пластической составляющей временных напряжений и им можно пренебречь.

3. Пластическая составляющая временных напряжений корректируется с учётом напряжений, действующих от нагрузки. На рис. 2 она представлена часто заштрихованной частью эпюры напряжений

$$\sigma = \alpha_T E T(y, t_p) + \sigma_0$$

4. Скорректированная пластическая составляющая временных напряжений рассматривается как свободные температурные напряжения от фиктивного источника тепла, и последовательным уравниванием её, подобно приведенным в п. 2, определяется распределение остаточных сварочных напряжений.

В случае наплавки 1-го сварного шва (рис. 1, в) распределение остаточных сварочных напряжений от долей тепловой мощности, приходящихся на основную и усиливающий элемент, будет иметь вид, представленный соответственно на рис. 1, а, б. Распределение является неуровновешенным: относительно осей X и Y действуют изгибающие моменты соответственно  $M_{x1}$  и  $M_{y1}$ , величина которых рассчитывается следующим образом:

$$M_{x1} = -(N_{o1} + N_{y1})e_{y1},$$

$$M_{y1} = (N_{o1} + N_{y1})e_{x1},$$

где  $N_{o1}, N_{y1}$  – усадочные усилия, определённые при расчётах тепловой мощности, приходящейся соответственно на основную и усиливающий уголки;  $e_{y1}, e_{x1}$  – плечи усадочных усилий относительно соответственно осей X и Y.

Усадочные усилия  $N_{o1}$  и  $N_{y1}$  определяются как

$$N_{o1} = \sigma_T^o \frac{B_1 + B_2}{2} \delta_0,$$

$$N_{y1} = \sigma_T^y \frac{B_3 + B_4}{2} \delta_y,$$

где  $\sigma_T^o$  и  $\sigma_T^y$  – пределы текучести соответственно материала основного стержня и элемента усиления;  $B_1$  и  $B_2$  – основания трапеции эпюры напряжений основного стержня;  $B_3$  и  $B_4$  – основания трапеции эпюры напряжений элемента усиления;  $\sigma_0$  и  $\sigma_y$  – толщина полки соответственно основного уголка и уголка усиления.

В случае наплавки 1-го шва длиной  $l_{o1}$ , меньшей длины усиливаемого стержня  $l$ , выражения для

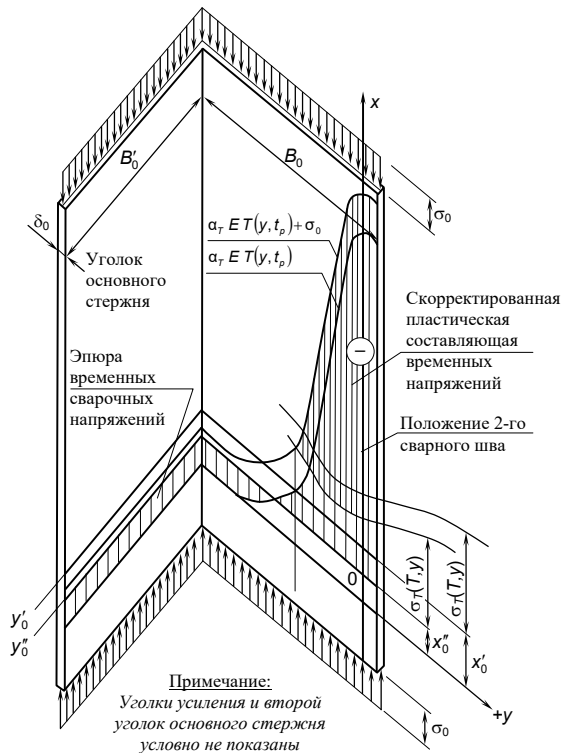


Рис. 2. К вопросу корректировки пластической составляющей временных сварочных напряжений

определения прогибов  $f_{x1}$  и  $f_{y1}$  в направлении осей X и Y будут иметь вид:

$$f_{x1} = \frac{M_{y1}(2l_{\omega 1} - l_{\omega 1}^2)\mu_y^2}{8EI_y},$$

$$f_{y1} = \frac{M_{x1}(2l_{\omega 1} - l_{\omega 1}^2)\mu_x^2}{8EI_x},$$

где  $I_x, I_y$  – моменты инерции усиленного сечения относительно осей X и Y;  $\mu_x, \mu_y$  – коэффициенты приведения геометрической длины к расчетной в плоскостях, перпендикулярных соответственно осям X и Y.

Аналогичным образом могут быть получены выражения для определения прогибов стержня в направлении осей X и Y при наплавке 2-го, 3-го и 4-го швов:  $f_{x2}, f_{y2}, f_{x3}, f_{y3}, f_{x4}, f_{y4}$ .

Прогибы стержня в случае наплавки всех четырёх швов могут быть получены как результирующие величины прогибов, определенных для случаев раздельной наплавки всех швов (с учётом направления каждого из этих прогибов). В рассматриваемом примере результирующие прогибы  $f_x$  и  $f_y$  в направлении осей X и Y рассчитываются следующим образом:

$$f_x = f_{x1} + f_{x2} - f_{x3} - f_{x4},$$

$$f_y = -f_{y1} + f_{y2} + f_{y3} - f_{y4}.$$

Предлагаемая методика расчёта достаточно хорошо подтверждается экспериментально. Прогнозы, полученные при усилении 18 натурных сжатых стержней различной гибкости ( $\lambda = 86 - 124$ ), отличались от расчётных не более чем на 7 %.

Полученные зависимости позволили предложить, впервые в области усиления, идею регулирования сварочных напряжений и деформаций с целью улучшения работы сжатых стержней как в процессе усиления, так и уже усиленных.

**Выводы.** Проведенные исследования явились базой для обоснования сварочных технологий, дающих возможность:

- 1) проводить усиление сжатых стержней стальных уголкового ферм при любых усилиях, включая предельные расчётные величины;
- 2) довольно существенно (до 30 %) повысить эффект от проводимого усиления (по сравнению с традиционными технологиями) [5–7].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Игнатъева В.С.* Исследование остаточных сварочных напряжений в сварных соединениях металлических конструкций: автореф. дис. ... докт. техн. наук. М.: МИСИ, 1972. 24 с.

2. *Игнатъева В.С.* Сварочные напряжения и деформации: учебное пособие для слушателей ФПКП. М.: МИСИ, 1981. 72 с.

3. Сварка. Резка. Контроль: в 2 т.: справ. Т 1 / Н.П. Алёшин, Г.Г. Чернышёв, А.И. Акулов и др. ; под ред. Н.П. Алёшина, Г.Г. Чернышёва. М: Машиностроение, 2004. 506 с.

4. *Родионов И.К.* Сварочные технологии регулирования напряженного состояния усиливаемых сжатых стержней стальных ферм покрытий: монография. Самара, 2006. 200 с.

5. *Демидов Н.Н.* Усиление стальных конструкций [Электронный ресурс]: учебное пособие. М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. 85 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/49869>. — ЭБС «IPRbooks» (дата обращения: 16.08.2017).

Об авторе:

**РОДИОНОВ Игорь Константинович**  
кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного, гражданского строительства и городского хозяйства  
Тольяттинский государственный университет  
445020, Россия, г. Тольятти, ул. Ушакова, 59,  
тел. 8 917 129-71-55  
E-mail: riklt@mail.ru

6. *Десятов Б.И.* Исследование работы усиливаемых под нагрузкой элементов сварных стальных ферм: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: МИСИ, 1968. 24 с.

7. *Колесников В.М.* Исследование работы некоторых стальных конструкций и отдельных элементов, усиленных под нагрузкой: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Л.: ЛИСИ, 1967. 24 с.

**RODIONOV Igor K.**  
PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Industrial and Civil Engineering and Urban Management Chair  
Togliatti State University  
445020, Russia, Togliatti, Ushakova str., 59,  
tel. 8 917 129-71-55  
E-mail: riklt@mail.ru

Для цитирования: *Родионов И.К.* Усиление сжатых стержней стальных ферм покрытия и сварочные деформации // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 10-13. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.2.

For citation: *Rodionov I.K.* Enhancing compressed rods of steel coating farms and their welding deformations // Urban Construction and Architecture. 2017. V. 7, 3. Pp. 10-13. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.2.

**А.А. СУВОРОВ**  
**В.Б. ФИЛАТОВ**

## **АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТРАЕКТОРИИ НАКЛОННОЙ ТРЕЩИНЫ НА ОСНОВЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ**

**ANALYTICAL DESCRIPTION OF THE INCLINED CRACK TRAJECTORY BY THE METHOD OF NONLINEAR DEFORMATION MODEL**

*Предложено аналитическое решение по определению траектории наклонной трещины с применением нелинейной деформационной модели в зоне поперечного изгиба железобетонной балки. Использование нелинейной деформационной модели для анализа напряженно-деформированного состояния балки в зоне поперечного изгиба позволяет определить координаты траектории наклонной трещины, положение ее вершины и угол наклона к продольной оси балки. В дальнейшем это позволяет перейти от эмпирических зависимостей расчета прочности наклонных сечений к точным аналитическим методам. Предложенные алгоритмы расчета и анализа напряженно-деформированного состояния железобетонной балки создают предпосылки для реализации физической модели силового сопротивления железобетонного элемента при поперечном изгибе.*

**Ключевые слова:** железобетон, поперечный изгиб, наклонное сечение, нелинейная деформационная модель, наклонная трещина

Современная нормативная методика расчета прочности железобетонных элементов по наклонным сечениям, представленная в СП 63.13330.2012 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения», базируется на ряде эмпирических и полуэмпирических зависимостей, условно отражающих напряженно-деформированное состояние (НДС) конструкции в зоне поперечного изгиба. Актуальным направлением дальнейшего развития теории железобетона является использование нелинейных деформационных моделей для исследования НДС железобетонных конструкций [1–4]. Применение нелинейных деформационных моделей (НДМ) позволяет совершенствовать нормативные методы расчета [5, 6], обеспечивая требуемый уровень конструктивной безопасности, с одной стороны, и возможность рационального использования материалов – с другой [7–9]. При расчете нормального сечения по методике НДМ с использованием нормативных и предложенных авторами аналитических зависимостей были получены результаты, имеющие наилучшую сходимость с результатами эксперимента на железобетонном образце. Шагово-итерационный метод определения НДС, реализованный в общем ядре НДМ, позволил проследить пластические процессы механики железобетона, происходящие в нормальном сечении элемента под нагрузкой [10]. НДМ по-

*The article proposes an analytical solution to determine the trajectory of inclined crack with the use of nonlinear deformation model in the area of the transverse bending of a reinforced concrete beam. The use of nonlinear deformation model for the analysis of stress-strain state of the beam in the zone of the transverse bending allows to determine the coordinates of the inclined crack trajectory, the position of its vertex, and the angle of inclination to the longitudinal axis of the beam. It is then possible to move from the empirical dependences for calculating the strength of the inclined sections to precise analytical techniques. The proposed algorithms calculate and analyze the stress-strain state of reinforced concrete beams create preconditions for the implementation of the physical model of a power resistance of reinforced concrete elements under transverse bending.*

**Keywords:** reinforced concrete; shear bending, inclined section; nonlinear deformation model; inclined crack

зволяет применить закон ползучести бетона, а также спрогнозировать изменение НДС элемента во времени благодаря внедрению в расчетные зависимости параметров нелинейных свойств материалов.

Расчетная модель, представленная на рис. 1, состоит из двух блоков, разделенных наклонной трещиной. В нормальном сечении рассматриваются нормальные и касательные усилия в бетоне и осевое усилие в арматуре; в наклонном сечении, проходящем по наклонной трещине, дополнительно учитываются силы зацепления берегов наклонной трещины, осевое и тангенциальное усилия в арматуре, в точке ее пересечения с наклонной трещиной. Для формирования основной расчетной схемы принято нормальное сечение в вершине наклонной трещины (сечение 1-1). Затем были вычислены значения параметров, характеризующих НДС указанного нормального сечения под нагрузкой, которые в дальнейшем позволяют рассчитывать и оценить прочность наклонного сечения. Одним из главных параметров наклонного сечения, для оценки его НДС, является траектория наклонной трещины в этом сечении. Функциональная зависимость траектории наклонной трещины от длины и высоты балки позволяет проинтегрировать функцию напряжений по длине трещины и вычислить значения равнодействующих сил зацепления и величину нагельного эффекта в продольной растянутой арматуре.



Алгоритм поиска координат траектории наклонной трещины по методике НДМ в среде компьютерной алгебры MathCAD. Основными результатами расчета нормального сечения с использованием алгоритма НДМ [11, 12] являются следующие параметры НДС: нормальные и касательные напряжения  $\sigma(L_c, i)$ ,  $\tau(L_c, i)$ ,  $\sigma_{loc}(L_c, i)$ , равнодействующие усилия в сжатой  $N_{br}$ ,  $Q_b$  и растянутой  $N_{bt}$ ,  $Q_{bt}$  зонах бетона, определенные с учетом прогноза ползучести во времени; кроме того, определяются относительные деформации продольной арматуры  $\epsilon_s$  и элементарных площадок бетонного сечения  $\epsilon_p$ ,  $\Gamma(i)$ , плечо внутренней пары сил в сечении  $Z_p$ , высота сжатой зоны бетона  $X_p$ , координата вершины нормальной трещины и ее высота  $X_{норм}$ , координата положения вершины наклонной трещины по высоте сжатой зоны бетона.

Расчетный алгоритм реализован для однопролетной балки со следующими характеристиками:  $L \times h \times b = 2,0 \times 0,45 \times 0,2$  (м); класс бетона – В40, продольное армирование в растянутой зоне – два стержня диаметром 28 мм класса А500С. Балка загружена сосредоточенной силой в середине пролета. Визуализация результатов расчета представлена на рис. 2–4, где  $i=0,1$  мм... $h/n$  – массив элементарных площадок сечения;  $n$  – количество элементарных площадок, устанавливаемых пользователем;  $h$  – координата крайнего сжатого волокна по высоте сечения;  $L_c$  – координата расчетного нормального сечения (сечение 1-1) по длине балки.

На рис. 2 представлены распределения указанных напряжений и деформаций по высоте сечения. На участках, где деформации растяжения бетона достигли предельных значений, образуется нормальная трещина, в которой нормальные и касательные напряжения снижаются до нуля. Уточним, что величина и характер распределения касательных напряжений рассчитаны с учетом влияния на них нормальных и локальных напряжений.

Заметим, что наличие локальных напряжений существенно меняет картину НДС расчетного нормального сечения, а именно увеличивает значения предельных деформаций сдвига и, следовательно, несущую способность сжатой зоны на сдвиг.

Поскольку значения деформаций  $\epsilon(i)$  вычисляются для всех элементарных площадок  $i$  по высоте балки, это позволяет определить деформации (напряжения) в растянутой и сжатой арматуре сечения балки. Деформации сдвига по высоте балки даны только для нетреснувшей части бетонного сечения.

На рис. 3 показана уточненная нелинейная функция кривизны на последней итерации расчета по методике НДМ. Функция кривизны  $R(h, L)$  позволяет определить интенсивность и характер распределения нормальных напряжений  $\sigma_{bx}(h, L)$  на любой элементарной площадке  $i$  по высоте сечения с учетом влияния на НДС балки всех трещин по ее длине. Использование алгоритма трещинообразования по методике Eurocode 2 с функцией кривизны  $R(h, L)$  позволяет сформировать на дальнейших этапах расче-

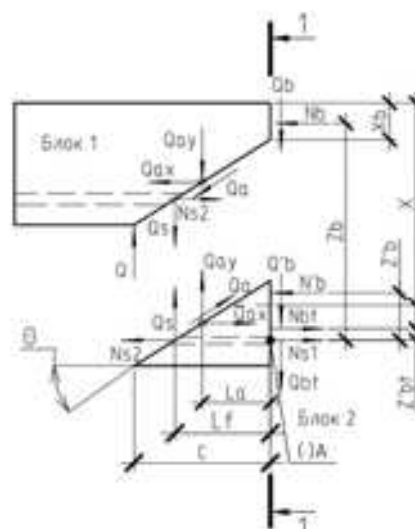


Рис. 1. Расчетная модель нормального и наклонных сечений

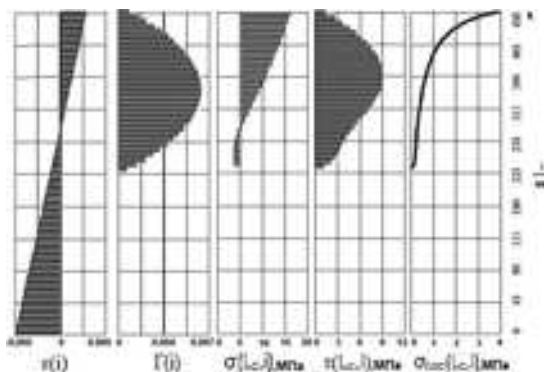


Рис. 2. Эпюры нормальных  $\epsilon(i)$ , сдвиговых  $\Gamma(i)$  деформаций, нормальных  $\sigma(L_c, i)$ , касательных  $\tau(L_c, i)$ , локальных  $\sigma_{loc}(L_c, i)$  напряжений в расчетном нормальном сечении

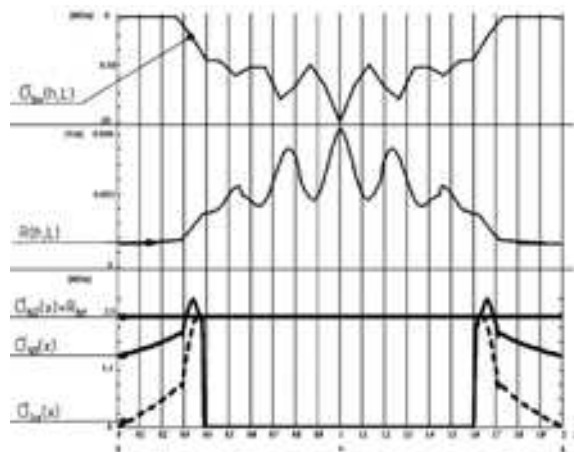


Рис. 3. Эпюры нормальных сжимающих напряжений  $\sigma_{bx}(h, L)$  и кривизны  $R(h, L)$  в крайнем сжатом волокне, главных растягивающих напряжений  $\sigma_{N1}(x)$ , предельных напряжений растяжения  $\sigma_{N2}(x)=R_{br}$ , нормальных растягивающих напряжений  $\sigma_{bx}(x)$  по длине элемента

та деформированную схему элемента с зонами трещин и блоков между ними.

Указанные выше параметры, полученные при расчете нормального сечения, используются в расчетной модели и аналитическом описании НДС наклонного сечения. В расчете принято допущение, что искомая наклонная трещина совпадает с наиболее напряженным наклонным сечением и имеет траекторию прямой. Началом данной прямой является точка пересечения функции  $\sigma_{N2}(x)=R_{bt}$  и функции главных растягивающих напряжений  $\sigma_{N1}(x)$  в крайнем растянутом волокне бетона сечения при одноосном напряженном состоянии [13, 14].

Также рис.3 содержит три графика функций: кроме двух вышеперечисленных  $\sigma_{N1}(x)$  и  $\sigma_{N2}(x)=R_{bt}$  присутствует график распределения нормальных напряжений по длине элемента  $\sigma_{bx}(x)$ . Он необходим для оценки влияния касательных напряжений на НДС сечения в составе главных напряжений.

Алгоритм поиска нулей функций  $\sigma_{N1}(x)$  и  $\sigma_{N2}(x)$  представлен в табл. 1.

Дальнейший поиск точек прямой, определяющей положение наклонной трещины, производится на основе анализа функций напряженного состояния элемента [15]. Заметим, что вершина наклонной трещины, например, для однопролетной шарнирно опертой балки, загруженной сосредоточенной силой с пролетом среза  $L/2$ , будет лежать в сечении с наименьшей несущей способностью на сдвиг  $\Delta$  (рис. 4). При этом координата вершины наклонной трещины по высоте сечения находится в точке максимума эпюры касательных напряжений в сжатой зоне бетона (рис. 5).

Алгоритм поиска вершины наклонной трещины по высоте сечения представлен в табл. 2.

Таким образом, основная расчетная модель наклонного сечения сформирована двумя блоками над и под вершиной наклонной трещины (см. рис. 1). Более точно дать описание образования наклонной трещины можно на основе анализа внутренних усилий (напряжений), действующих на элементарных площадках бетонного сечения при двухосном напряженном состоянии. Результирующий график, показывающий расположение наклонных и нормальных трещин на боковой грани балки, представлен на рис. 6.

Промежуточные значения координат траектории наклонной трещины найдены линейной интерполяцией графиков [16, 17], описанных выше. Функции, которые формируют данный график (рис. 6), в дальнейшем используются для определения целевых параметров расчета прочности наклонного сечения: сил зацепления по берегам наклонной трещины, нагельного эффекта от сопротивления изгибу продольной арматуры в наклонной трещине [18–20].

Использование разработанной методики расчета по нелинейной деформационной модели для определения положения наклонной трещины в зоне поперечного изгиба балки дает возможность вычислить прочность балки по наклонному сечению в нелинейной постановке, отражая действительное НДС конструкции. Сходимость результатов опреде-

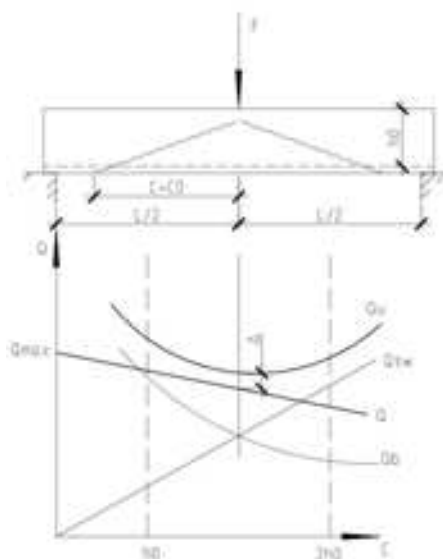


Рис. 4. К определению положения вершины наклонной трещины по длине элемента:

- $Q_u=Q_b+Q_{sw}$  – предельная несущая способность сечения на срез;
- $Q_b$  – несущая способность бетона на срез;
- $Q_{sw}$  – несущая способность поперечной арматуры на срез;
- $c=c_0$  – проекция наклонной трещины;
- $Q, Q_{max}$  – действующая и максимальная поперечные силы;
- $F$  – действующая нагрузка;
- $h_0$  – рабочая высота сечения

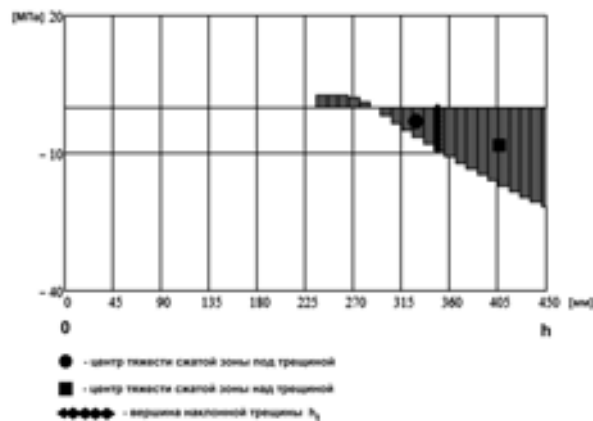


Рис. 5. Эпюра нормальных напряжений  $\sigma_{bx}(i)$  в сжатой зоне бетона с положением вершины наклонной трещины  $h_0$

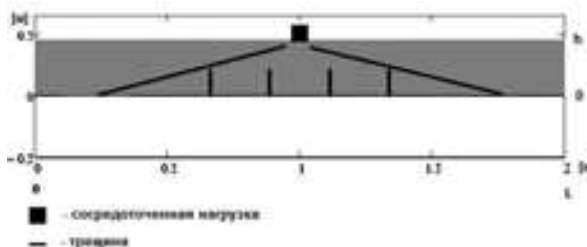


Рис. 6. График расположения нормальных и наклонных трещин по высоте  $h$  и длине  $L$  балки

Таблица 1

Алгоритм определения положения начала наклонной трещины по длине элемента (язык среды MathCAD)

Формула	Описание
$\sigma_{N1}(L) := \Delta\sigma_{mto}(L)$	Определение главных растягивающих напряжений
$\sigma_{N2}(L) := \sigma_{bc}(L, i)$	Определение нормальных напряжений по длине балки в растянутой зоне бетона
$\sigma_{N3} := R_{bt} = 2.7 \text{ МПа}$	Определение функции-прямой предельной растяжимости бетона в растянутой зоне
<i>Given</i>	Заголовок блока поиска нулей функций
$c_0 := 2m \quad c2 := 0.5 \cdot L_{ef}$	Начальное приближение в окрестности поиска нулей функции
$\sigma_{N1}(c_0) = \sigma_{N3}$	Разрешающее уравнение
$c_1 := \text{Find}(c_0) = 308 \text{ мм}$	Оператор поиска нуля функций $\sigma_{N1}(x)$ и $\sigma_{N2}(x)$ (точки начала наклонной трещины)
$c_2 := \text{Maximize}(\sigma_{N1}, c2) = 358 \text{ мм}$	Оператор поиска экстремума функции главных растягивающих напряжений
$c_0 := 0.5 \cdot L_{ef} - c_1 = 702 \text{ мм}$	Определение проекции наклонной трещины
$\theta := \frac{1}{\text{deg}} \cdot \text{atan}\left(\frac{h_0}{c_0}\right) = 28.61$	Определение угла наклона наклонной трещины, град

Таблица 2

Алгоритм определения положения вершины наклонной трещины по высоте расчетного нормального сечения элемента (язык среды MathCAD)

Формула	Описание
$\tau_{bc}(i) := \tau_b(L_c, i)$	Функция распределения касательных напряжений в расчетном сечении вершины наклонной трещины
<i>Given</i>	Заголовок блока поиска нулей функций
$i_p := 0.7 \cdot h$	Начальное приближение в окрестности поиска координаты
$X_{rnt} := \text{Maximize}(\tau_{bc}, i_p) = 348.946 \text{ мм}$	Оператор поиска координаты экстремума функции (вершины наклонной трещины)
$\tau_{bc}(L_c, X_{rnt}) = 7.709 \text{ МПа}$	Максимальное значение функции касательного напряжения
$\sigma_{bc}(L_c, X_{rnt}) = -9.281 \text{ МПа}$	Значение нормального напряжения в вершине наклонной трещины
$\Delta\sigma_m(L, i) := \frac{\sigma_m(L, i)}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_m(L, i)}{2}\right)^2 + 4(\tau_b(L, i))^2}$	Функция распределения главных растягивающих напряжений по длине элемента
$X_{nt} := \begin{cases} X_{rnt} & \text{if } \Delta\sigma_m(L_c, X_{rnt}) \geq R_{bt} \\ 0 \text{ мм} & \text{otherwise} \end{cases} = 348.946 \text{ мм}$	Блок программируемого выбора значения вершины наклонной трещины при условии ее образования

ления координат наклонной трещины по данному расчету и по эксперименту составила не менее 92%. Полученная траектория наклонной трещины, а именно ее проекция, точка начала роста и вершина, угол наклона, позволили полностью переработать несколько эмпирических зависимостей из нормативной методики расчета наклонного сечения. Совершенствование и оптимизация разработанного алгоритма реализации НДМ позволит исследовать характер распределения внутренних усилий в зоне поперечного изгиба железобетонных элементов и определить их количественные значения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпенко Н.И., Соколов Б.С., Радайкин О.В. К оценке прочности, жесткости, момента образования трещин и их раскрытия в зоне чистого изгиба железобетонных балок с применением нелинейной деформационной

модели // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2016. № 3 (687). С. 5–12.

2. Тамразян А.Г. К расчету железобетонных элементов с учетом ползучести и старения на основе реологической модели бетона // Промышленное и гражданское строительство. 2012. №7. С. 26–27.

3. 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.

4. Travush V., Emelianov S., Kolchunov V., Bulgakov A.G. Mechanical safety and survivability of buildings and building structures under different loading types and impacts // Procedia Engineering. 2016. Т. 164. С. 416–424.

5. Тамразян А.Г., Фаликман В.Р. Основные требования к проектированию железобетонных конструкций по модельному кодексу ФИБ // Строительство и реконструкция. 2016. № 3 (65). С. 71–77.

6. *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.

7. *Алпатов В.Ю., Лукин А.О., Сахаров А.А., Жученко Д.И.* Компьютерное моделирование и численные исследования узловых соединений структурных конструкций // *Градостроительство и архитектура.* 2016. № 4. С. 19–22. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.04.3.

8. *Мордовский С.С.* Уточнение расчетов как способ обеспечения безопасности зданий и сооружений // *Градостроительство и архитектура.* 2013. № 3. С. 26–28. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.03.4.

9. *Филатов В.Б., Арцыбасов А.С., Багаутдинов М.А., Гордеев Д.И., Кортунюв 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.

10. *Суворов А.А.* Особенности применения деформационной модели при расчете прочности наклонных сечений железобетонных балок // *Традиции и инновации в строительстве и архитектуре.* Строительство / СГАСУ. Самара, 2016. С. 79–82.

11. *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.

12. *Filatov V.B., Suvorov A.A.* Research of the stress condition of the normal section of reinforced concrete elements using nonlinear deformation model // *Procedia Engineering.* 2016. Т. 153. С. 144–150.

13. *Гениев Г.А., Кисюк В.Н., Тюпин Г.А.* Теория пластичности бетона и железобетона. М.: Стройиздат, 1974. 316 с.

Об авторах:

#### **СУВОРОВ Александр Анатольевич**

аспирант кафедры строительных конструкций Самарский государственный технический университет  
Архитектурно-строительный институт  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194  
E-mail: a.suvorov163@mail.ru

#### **ФИЛАТОВ Валерий Борисович**

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительных конструкций Самарский государственный технический университет  
Архитектурно-строительный институт  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194  
E-mail: vb\_filatov@mail.ru

14. *Карпенко Н.И.* Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. 416 с.

15. *Суворов А.А.* Аналитическое описание нелинейной работы нормального сечения в вершине наклонной трещины // *Урбанистика.* 2016. № 2. С. 29–35. DOI: 10.7256/2310-8673.2016.2.18688. Режим доступа: [http://enotabene.ru/urb/article\\_18688.html](http://enotabene.ru/urb/article_18688.html) (дата обращения: 18.12.2016).

16. *Суворов А.А., Карнилов Д.А., Капустин И.В.* Математическое программирование работы нормального сечения железобетонных элементов в среде «Mathcad» // *Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты: сборник статей студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей / под общ. ред. Т.М. Сигитова.* Пермь, 2016. С. 74–76.

17. *Суворов А.А.* Обзор возможностей нелинейной деформационной модели при поиске траектории наклонной трещины в изгибаемых железобетонных элементах // *Технические науки – от теории к практике: сб. ст. по матер. LXVI междунар. науч.-практ. конф. №1(61).* Новосибирск: СибАК, 2017. С. 53–57.

18. *Филатов В.Б.* Расчет прочности наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов с учетом сил зацепления в наклонной трещине // *Бетон и железобетон – взгляд в будущее: научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону: в 7 т. Т. 1.* М.: МГСУ, 2014. С. 389–396.

19. *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.

20. *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.

#### **SUVOROV Alexandr A.**

Post-Graduate Student of the Building Structures Chair  
Samara State Technical University  
Institute of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194  
E-mail: a.suvorov163@mail.ru

#### **FILATOV Valery B.**

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

Для цитирования: *Суворов А.А., Филатов В.Б.* Аналитическое описание траектории наклонной трещины на основе нелинейной деформационной модели // *Градостроительство и архитектура.* 2017. Т.7, №3. С. 14–18. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.3. For citation: *Suvorov A.A., Filatov V.B.* Analytical Description of the Inclined Crack Trajectory by the Method of Nonlinear Deformation Model // *Urban Construction and Architecture.* 2017. V. 7, 3. Pp. 14–18. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.3.

# ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 697.98

DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.4

С. М. ПУРИНГ  
Д.Н. ВАТУЗОВ  
Г.И.ТИТОВ

## ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ АППАРАТОВ ОЧИСТКИ В СИСТЕМАХ МЕСТНОЙ ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

OPTIMIZING THE CHOICE OF VENTILATING AIR CLEANING EQUIPMENT IN SYSTEMS OF LOCAL EXHAUST VENTILATION

*В статье указано, что функционирование промышленных зданий невозможно без правильно организованной системы вытяжной вентиляции, работа которой обеспечивает не только тепловлажностный режим, но и чистоту воздуха в помещении. Определено, что эффективность работы системы вентиляции подразумевает соблюдение технических параметров, а также установку аппаратов очистки. Выявлена целесообразность использования многокритериальной оптимизации при выборе характеристик очистного аппарата. Предложено выбор оптимального варианта аппарата выполнить с использованием обобщенной функции желательности Харрингтона. В результате проведенного многокритериального анализа выявлены оптимальные характеристики аппаратов очистки, основываясь на требуемой степени очистки воздуха, геометрических размерах аппарата и аэродинамическом сопротивлении при внедрении конкретного устройства.*

**Ключевые слова:** вентиляционные выбросы, аппарат очистки воздуха, эффективность очистки, габариты аппарата, аэродинамическое сопротивление, критерий оптимальности

Среди множества аспектов, определяющих состояние окружающей среды, особое место занимают проблемы охраны атмосферного воздуха (СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест). Значительный вклад в загрязнение атмосферы вносят вентиляционные выбросы промышленных предприятий, содержащие твердые или жидкие взвешенные частицы. Неотъемлемой частью природоохранных мероприятий является разработка технологических процессов и оборудования, предназначенных для снижения выбросов от существующих промышленных источников, т.е. очистка вентиляционных выбросов от аэрозолей.

С другой стороны, функционирование промышленных предприятий невозможно без правиль-

*Functioning of industrial buildings is impossible without correctly organized ventilation system. Its work both regulates heat moist mode and the required indoor air purity that is cleaned with the help of air cleaning equipment. To make decision to construct the required air cleaning equipment at the enterprise it is worthwhile to give additional parameters and to solve a problem of multicriteria optimization to get the best results. The choice of the best variant is supposed to be carried out using Harrington's desirability function. The conducted multicriteria analysis allowed to reveal optimum characteristics of air cleaning equipment, based on the required purification air degree, the geometrical sizes of the equipment and aerodynamic resistance while introducing any particular device.*

**Keywords:** ventilating emissions, air cleaning equipment, purification efficiency, device dimensions, economic efficiency, aerodynamic resistance, optimum criteria

но организованной системы вентиляции, работа которой обеспечивает не только регламентируемый тепловлажностный режим (СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха), но и требуемую чистоту воздуха в помещении (СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений). Для повышения эффективности работы вентиляционной системы целесообразно в ее составе предусматривать установку аппаратов очистки воздуха [1,2], особенно от высокодисперсных аэрозольных частиц с размерами менее 1 мкм, оказывающих наиболее неблагоприятное воздействие на организм человека [3–8].

Эффективность использования аппаратов очистки вентиляционных выбросов от аэрозолей субмикронных размеров в значительной степени

определяется их стоимостью, удобством и экономичностью монтажа и эксплуатации, возможностью возвращения уловленного сырья в производство.

При использовании для очистки вентиляционных выбросов аппаратов, принцип действия которых основан на осаждении высокодисперсных частиц в тонких трубках и щелевых каналах [9–12], параметрами, характеризующими эффективность работы аппарата, являются степень очистки воздуха, геометрические характеристики и аэродинамическое сопротивление (потери давления) аппарата:

$$\eta = f(L/D; \Delta p), \quad (1)$$

где  $\eta$  – эффективность очистки, %;  $L$  – длина осадительного элемента, м;  $D$  – диаметр трубки, м (в каналах – эквивалентный диаметр  $D_3$ );  $\Delta p$  – аэродинамическое сопротивление, Па.

Исследования показали [5–8], что добиться заданной величины эффективности очистки возможно комбинацией пар значений  $(L/D; \Delta p)$ . Наибольший интерес представляют значения в диапазоне  $\eta \geq 90\%$ . Для одинакового значения эффективности очистки увеличение значения  $L/D$  ведет к уменьшению потерь давления  $\Delta p$ . Задачей является нахождение оптимального сочетания значений  $L/D$  и  $\Delta p$ , дающего максимальный эффект, т.е. необходимо решить задачу многокритериальной оптимизации [13].

Реализовать принцип оптимальности – это значит решить экстремальную задачу вида:

$$\begin{aligned} & \max(\min) f(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ & \varphi(x_1, x_2, \dots, x_n) \{ \leq, =, \geq \} b_i, \quad i = 1, m, \\ & x_j \geq 0, \quad j = 1, n, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  – целевая функция, включающая в себя критерий оптимальности;  $x_j, j = 1, n$  – набор управляющих переменных;  $\varphi(x_1, x_2, \dots, x_n) \{ \leq, =, \geq \} b_i, i = 1, m$  – система ограничений.

Для решения многокритериальных задач используются различные методы определения обобщенного показателя оптимальности. В случае разноразмерных критериев оптимизацию возможно выполнить с использованием обобщенной функции желательности Харрингтона  $d(x)$ . Она возникла в результате наблюдений за реальными решениями экспериментаторов и обладает свойствами непрерывности, монотонности и гладкости. Значимые параметры пересчитываются в числовые значения, а затем определяется общий показатель [14–16].

Шкала Харрингтона устанавливает соответствие между лингвистическими оценками желательности значений показателя  $x$  и числовыми интервалами  $d(x)$ . Возможно ограничиться тремя градациями шкалы Харрингтона, отвечающими лингвистическим категориям «плохо», «удовлетворительно», «хорошо». В этом случае область, соответствующая уровню «удовлетворительно», находится в диапазоне

от 0,37 до 0,69, а области «плохо» и «хорошо» характеризуются интервалами (0,00; 0,37) и (0,69; 1,00) соответственно.

Аналитически для монотонных по предпочтениям критериев функция желательности Харрингтона задается следующей формулой:

$$\begin{aligned} d_i &= d(z_i) = \exp(-\exp(-z_i)), \\ z_i &= (x_i - x_{i0}) / (x_{i1} - x_{i0}), \end{aligned} \quad (3)$$

где  $z_i$  – кодированные значения  $i$ -го показателя, представляющие собой безразмерные величины;  $x_i$  – значение  $i$ -го информативного показателя;  $x_{i0}$  и  $x_{i1}$  – границы области «удовлетворительно» в исходной шкале.

Введение шкалы желательности позволяет свести исходную многокритериальную задачу принятия решения с разноразмерными критериями к многокритериальной задаче с критериями, измеряемыми в одной и той же шкале, поэтому следующим этапом является свертка частных функций желательности  $d_i$  в обобщенный критерий желательности.

$$f(d_1, d_2, \dots, d_n) = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i}. \quad (4)$$

Таким образом, задача оптимизации по критерию «максимум эффекта» математически запишется следующим образом:

$$\begin{aligned} & \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i} \rightarrow \max, \\ & 0,368 \leq d_i \leq 0,692, \quad i = 1, n, \\ & d_i = d(z_i) = \exp(-\exp(-z_i)), \\ & z_i = z_i(x) = (x_i - x_{i\min}) / (x_{i\max} - x_{i\min}). \end{aligned} \quad (5)$$

Для поиска оптимального сочетания геометрических размеров осадительного элемента, аэродинамического сопротивления аппарата и его коэффициента эффективности очистки целесообразно найти обобщенный критерий желательности, пользуясь следующими критериями:

- эффективность очистки: диапазон изменения критерия находится в промежутке  $\eta \in (90; 98)$ ;
- геометрические размеры осадительного элемента: диапазон изменения  $L/D \in (175; 300)$ ;
- аэродинамическое сопротивление : диапазон изменения  $\Delta p \in (800; 2200)$ .

По этим показателям сравниваются различные сочетания пар значений  $(L/D; \Delta p)$ , определяющие характеристику конструируемого аппарата очистки. Конкретные параметры сравниваемых вариантов, соответствующих определенным парам значений  $(L/D; \Delta p)$ , распределяются на промежутке эффективных значений шкалы частных показателей. Затем соответствующие им показатели пересчитываются

в отметки на шкале желательности (рис.1). Полученное значение  $d_i$  для  $i$ -го параметра пересчитывается вместе с другими в обобщенный коэффициент желательности.

Функция желательности для эффективности очистки (табл. 1)

$d_1$  – критерий, зависящий от эффективности очистки;

$$x_{1max} = 98 \text{ и } x_{1min} = 90; z_1 = (x_1^j - 90)/(98 - 90);$$

$x_1^j$  – значения коэффициента эффективности очистки,  $x_1^j \in [90; 98]; j = 1, m$ .

Функция желательности для геометрических размеров осадительного элемента (табл. 2)

$d_2$  – параметр, зависящий от геометрических размеров осадительного элемента  $L/D$ ;

$$x_{2max} = 175 \text{ и } x_{2min} = 300;$$

$$z_2 = (x_2^k - 300)/(175 - 300);$$

$x_2^k$  – значения величины  $L/D$ ,  $x_2^k \in (175; 300)$ .

Функция желательности для аэродинамического сопротивления (табл. 3)

$d_3$  – параметр, зависящий от аэродинамического сопротивления,  $\Delta p$ ;

$$x_{3max} = 2200 \text{ и } x_{3min} = 800;$$

$$z_3 = (x_3^m - 800)/(2200 - 800);$$

$x_3^m$  – значения величины  $\Delta p$ ,  $\Delta p \in (800; 2200)$ .

Обобщенный критерий желательности (табл. 4, рис. 2)

$$\sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 d_i} \rightarrow \max. \quad (6)$$

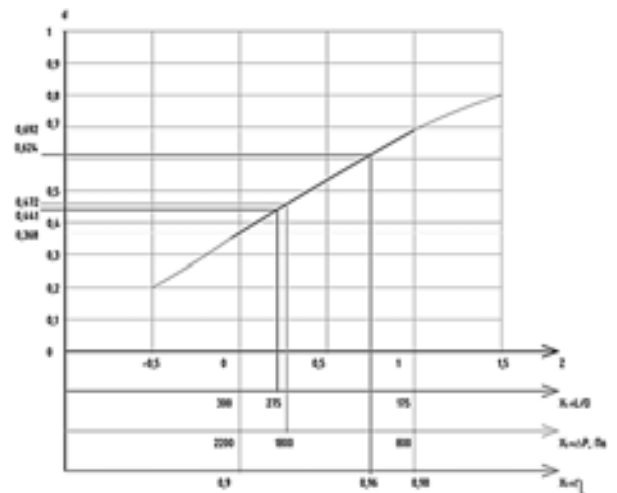


Рис.1. Определение частных значений желательности

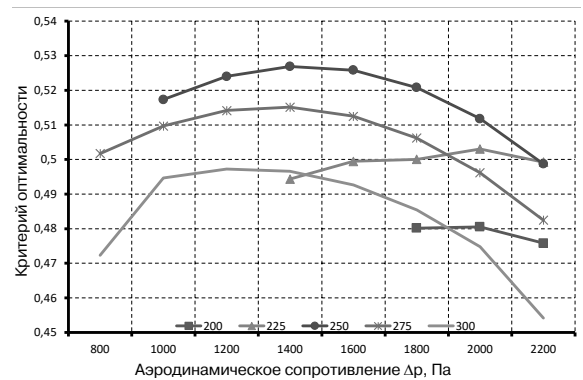


Рис.2. Значения обобщенного критерия оптимальности

Таблица 1

Значения функции желательности для эффективности очистки

Эффективность очистки	Кодированное значение	Функция желательности
x1	z1	d1
90	0	0,367879
91	0,125	0,413749
92	0,25	0,458956
93	0,375	0,502938
94	0,5	0,545239
95	0,625	0,585516
96	0,75	0,623525
97	0,875	0,659112
98	1	0,692201

Таблица 2

Значение функции желательности для геометрических размеров осадительного элемента

Значение L/D	Кодированное значение	Функция желательности
x2	z2	d2
175	1	0,692201
200	0,8	0,638056
225	0,6	0,577636
250	0,4	0,511545
275	0,2	0,440991
300	0	0,367879



Таблица 3

Значение функции желательности для аэродинамического сопротивления		
Значение L/D	Кодированное значение	Функция желательности
x3	z3	d3
800	1	0,692201
1000	0,857143	0,65418
1200	0,714286	0,612907
1400	0,571429	0,56852
1600	0,428571	0,521295
1800	0,285714	0,471669
2000	0,142857	0,420262
2200	0	0,367879

Таблица 4

ΔP, Па	Значения обобщенного критерия оптимальности						
	Отношение L/D						
	175	200	225	250	275	300	
800	η<90 %				0,502	0,472	
1000					0,517	0,510	0,495
1200					0,524	0,514	0,497
1400					0,494	0,527	0,515
1600		0,499	0,526	0,512	0,493		
1800		0,480	0,500	0,521	0,506	0,485	
2000		0,481	0,503	0,512	0,496	0,475	
2200	0,454	0,476	0,499	0,499	0,482	0,454	

Проведенный многокритериальный анализ позволил выявить оптимальные геометрические характеристики осадительных элементов и соответствующего им аэродинамического сопротивления. Согласно выполненным расчетам лучший результат наблюдается при значении L/D =250 и аэродинамическом сопротивлении Δр в диапазоне от 1200 до 1600 Па).

**Выводы.** Учитывая, что на современном этапе в индустриально развитых странах функционирование промышленного предприятия включает в себя комплекс технических и организационных мер, прямо или косвенно направленных на прекращение или уменьшение загрязнения атмосферы, актуально повышение эффективности работы вентиляционных систем путем установки аппаратов очистки. Получаемый экономический результат является не единственным критерием выбора аппарата очистки, и для определения максимальной эффективности целесообразно учитывать различные параметры, характеризующие аппарат, такие как степень очистки выбросов, аэродинамическое сопротивление и габаритные размеры используемого аппарата. Таким образом, проведенные исследования позволили рассчитать обобщенный критерий оптимальности, определяющий наиболее значимые геометрические параметры аппаратов очистки воздуха и их оптимальный режим работы в составе вентиляционной системы.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Егизаров А. Г. Устройство и изготовление вентиляционных систем. М.: Высш. шк., 1987. 167 с.
2. Рекомендации по проектированию очистки воздуха от пыли в системах вытяжной вентиляции. М.: Стройиздат, 1985. 21 с.
3. Ватузов Д.Н., Пуринг С.М. Методика подбора и расчета аппаратов очистки воздуха от капельных аэрозолей // Градостроительство и архитектура. 2016. №2(23). С. 14–18. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.3.
4. Ватузов Д.Н., Пуринг С.М., Хурин И.А. Совершенствование устройств очистки вентиляционных выбросов загрязняющих веществ при производстве изделий из пластмасс // Экология и промышленность России. 2013. № 8. С. 22–26.
5. Пуринг С.М., Ватузов Д.Н. К вопросу о конструировании аппаратов для очистки воздуха // Научное обозрение. 2014. № 4. С. 94–97.
6. Пуринг С.М., Ватузов Д.Н. Очистка воздуха от мелкодисперсных капельных аэрозолей // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. Энергосбережение. 2014. № 1. С. 109–111.
7. Пуринг С.М., Ватузов Д.Н. Экспериментальные исследования по определению конструктивных особенностей аппаратов по очистке воздуха от субмикронных частиц // Научное обозрение. 2014. № 4. С. 90–93.
8. Пуринг С.М., Ватузов Д.Н. Экспериментальные исследования – основа проектирования устано-

вок по очистке воздуха от тонкодисперсных частиц // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. 2014. № 1 (20). Ч. 1. С. 40–43.

9. Пластинчатый сепаратор аэрозоля: пат. 2246340 Рос. Федерация. № 2002135269/15; заявл. 25.12.02; опубл. 20.02.05, Бюл. №5.

10. Коаксиальный сепаратор капельного аэрозоля: пат. 2327508 Рос. Федерация. № 2007100310/15; заявл. 09.01.07; опубл. 27.06.08, Бюл. №18.

11. Медников Е.П. Турбулентный перенос и осаждение аэрозолей. М.: Наука, 1980. 101 с.

12. Сепаратор туманов с изогнутыми пластинчатыми осадительными элементами: пат. 2259861 Рос. Федерация. № 2002135268/15; заявл. 25.12.02; опубл. 10.09.05, Бюл. №25.

13. Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология. М.: Машиностроение – 1, 2004. 37 с.

14. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 157 с.

15. Ахназарова С.А., Гордеев Л.С. Использование функции желательности Харрингтона при решении оптимизационных задач химической технологии: учебно-методическое пособие. М.: РХТУ им. Д.С. Менделеева, 2003. 177 с.

Об авторах:

**ПУРИНГ Светлана Михайловна**

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Архитектурно-строительный институт 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (902) 3364013  
E-mail: Puring@mail.ru

**ВАТУЗОВ Денис Николаевич**

старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Архитектурно-строительный институт 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (927) 6580087  
E-mail: Vatuzov74@mail.ru

**ТИТОВ Геннадий Иванович**

профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Архитектурно-строительный институт 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (927) 2083724

16. Puring S.M., Vatzuzov D.N., Tyurin N.P. Parameter choice optimization of ventilating air cleaning equipment while designing and constructing industrial buildings // Procedia Engineering. 2016. Т. 153. P. 563–568.

**PURING Svetlana M.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. (902) 3364013  
E-mail: Puring@mail.ru

**VATUZOV Denis N.**

Senior Lecturer of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. (927) 6580087  
E-mail: Vatzuzov74@mail.ru

**TITOV Gennady I.**

Professor of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. (927) 2083724

Для цитирования: Пуринг С.М., Ватузов Д.Н., Титов Г.И. Оптимизация выбора параметров аппаратов очистки в системах местной вытяжной вентиляции // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 19-23. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.4. For citation: Puring S.M., Vatzuzov D.N., Titov G.I. Optimization of choice of ventilating air cleaning equipment in systems of local exhaust ventilation // Urban Construction and Architecture. 2017. V.7, 3. Pp. 19-23. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.4.

Е.С. ВРОНСКАЯ

## ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ

DYNAMIC CALCULATION OF PRISMATIC SYSTEMS TAKING INTO ACCOUNT  
INTERNAL FRICTION

*В предлагаемой работе показана возможность включения частотно-независимого упруговязкого сопротивления в расчетные модели, представляющие составные конструкции с распределенными параметрами. Дифференциальные уравнения движения системы включают параметры комплексной жесткости. Используя алгоритм расчета призматических оболочек с применением топологических матриц, предлагается решение стационарных и нестационарных задач динамики с учетом внутреннего трения. Такой подход приводит в процессе разделения переменных к дифференциальному уравнению движения линейного осциллятора с частотно-независимым упруговязким сопротивлением.*

**Ключевые слова:** трение, составные конструкции, топологические матрицы, напряженно-деформированное состояние, конечное интегральное преобразование, частота

Такое важное свойство материала конструкций, как внутреннее сопротивление (трение) существенно влияет на напряженно-деформированное состояние сооружения при динамическом нагружении и становится доминирующим в околорезонансных и резонансных зонах. Используя алгоритм расчета призматических оболочек с применением топологических матриц, предложено решение стационарных и нестационарных задач динамики с учетом внутреннего трения. Одной из наиболее экспериментально обоснованных является комплексная теория внутреннего трения Е.С. Сорокина [1]. Однако применение этой теории возможно лишь в случае гармонических воздействий и не всегда обеспечивает выполнение принципа причинности. Указанные противоречия могут быть устранены путем введения модели частотно-независимого упруговязкого сопротивления по методике А.И. Цейтлина [2]. В предлагаемой работе показана возможность включения этой теории в расчетные модели, представляющие собой составные конструкции с распределенными параметрами. Дифференциальные уравнения движения системы включают параметры комплексной жесткости, зависящие в общем случае от частоты изменения внешнего воздействия, что усложняет решение задачи. Однако известно, что диссипативные

*The paper shows a possibility of including a frequency-independent viscoelastic design resistance in calculation models representing composite structures with distributed parameters. Differential equations of the system motion include parameters of complex rigidity. The research puts forward a solution which helps solve stationary and non-stationary dynamic problems taking internal friction into account. This solution is found by using the calculation algorithm for prismatic shells involving the use of topological matrices. In the process of separation of variables, this approach yields a differential equation of linear oscillator motion with frequency-independent viscoelastic resistance.*

**Keywords:** friction, composite structures, topological matrices, stress-strain behaviour, finite integral transformation, frequency

силы в слабодемпфированных системах влияют на амплитуду колебаний лишь в весьма узком диапазоне частот в резонансной области, а на частоту свободных колебаний практически не воздействуют. В связи с этим представляется целесообразным учитывать внутреннее трение при частотах возмущения, совпадающих на каждом тоне с частотами свободных колебаний конструкции. Такой подход приводит в процессе разделения переменных к дифференциальному уравнению движения линейного осциллятора с частотно-независимым упруговязким сопротивлением, для которого декремент колебаний системы оказывается независимым от частот ее свободных колебаний.

В статье исследуются свободные колебания призматических систем с распределенными жесткостными и инерционными параметрами без применения кинематических и статических гипотез полумоментной теории. При этом алгоритм расчета включает элементы теории графов, что обеспечивает формирование условий сопряжения прямоугольных пластин призматической оболочки в простой и удобной форме. Аналогичный подход может быть использован для решения нестационарных задач динамики составных конструкций, как это сделано в работе [3] применительно к плоским рамам. Однако в отме-

ченных расчетных моделях не учитывались силы внутреннего сопротивления, которые, как известно, играют доминирующую роль в условиях резонанса.

Одной из наиболее обоснованных является модель частотно-независимого упруговязкого сопротивления [1], позволяющая учитывать трение материала конструкции в процессе ее нестационарного динамического нагружения. Различные теории внутреннего трения применялись как для дискретных расчетных схем, так и для тел с бесконечным числом степеней свободы. В последнем случае исследовались отдельные тела канонической формы, математические модели которых содержат несвязанные [4] или связанные [5] дифференциальные уравнения движения.

В настоящей работе предложено замкнутое решение, позволяющее исследовать свободные и вынужденные колебания составных призматических оболочек различной конфигурации с распределенными жесткостными и инерционными параметрами на основе расчетных моделей, образованных без применения кинематических и статических гипотез полумоментной теории В.З. Власова [6]. Эффективность предлагаемого решения обеспечивается значительно меньшим, по сравнению с численными методами, порядком разрешающей системы уравнений и высокой точностью полученных результатов.

Рассмотрим вынужденные нестационарные колебания призматической оболочки из однородного вязкоупругого материала. В работе показана возможность включения модели частотно-независимого упруговязкого сопротивления в методику нестационарного динамического расчета составных призматических систем с распределенными параметрами.

Рассмотрим складчатую конструкцию, образованную путем жесткого соединения тонких прямоугольных пластин и нагруженную продольно-поперечной динамической нагрузкой. Призматическая оболочка длиной  $L$  имеет шарнирное опирание торцевых сечений [4] и содержит  $n$  граней и  $t$  ребер.

Математическая формулировка задачи включает дифференциальные уравнения движения  $e$ -го элемента системы:

$$L_e^* \left[ \ddot{d}_e^*(x, y, t) \right] + G_e \delta^2 / \partial t^2 \ddot{d}_e^*(x, y, t) = \bar{P}_e^*(x, y, t) \quad (1)$$

и нулевые начальные условия:

$$\ddot{d}_e^*(x, y, 0) = 0, \quad \partial / \partial t^2 \ddot{d}_e^*(x, y, 0) = 0. \quad (2)$$

Здесь модуль упругости  $E$  заменили комплексным модулем упругости  $E^*$ , зависящим от коэффициента потерь  $\varepsilon$ :

$$E^* = E \vartheta^* = E(\vartheta_1 + i \vartheta_2),$$

где 
$$i = \sqrt{-1}, \quad \vartheta_1 = \frac{1 - 0,25\varepsilon}{1 + 0,25\varepsilon^2}, \quad \vartheta_2 = \frac{\varepsilon}{1 + 0,25\varepsilon^2}. \quad (3)$$

В уравнении (1)  $L_e^*$  – матрица дифференциальных операторов, соответствующих мембранному и изгибаемому состоянию пластины;  $G_e, \bar{P}_e^*$  – соответственно диагональная матрица инерционных коэффициентов и вектор-функция динамической нагрузки.

Соотношения (1) содержат два уравнения движения  $e$ -й пластины в своей плоскости (плоская задача теории упругости) и одно уравнение ее поперечных колебаний (моментная техническая теория Кирхгофа-Лява). Неизвестными являются функции продольных перемещений элемента  $U_e, V_e$  и его прогибов  $W_e$ , объединенных вектор-функцией

$$\bar{d}_e^*(x, y, t) = [U_e^*, V_e^*, W_e^*]. \quad (4)$$

Граничные условия задачи содержат уравнения равновесия в каждом  $k$ -м продольном ребре сооружения (5) и условия совместности перемещений соединяемых пластин (6).

$$\sum_{e=1}^n b_{ek} h_e \bar{S}_e^*(\xi_e, y, t) = 0, \quad (k = 1, 2, \dots, m), \quad (5)$$

$$\sum_{e=1}^n \pm |b'_{ek}| h_e \bar{D}_e^*(\xi_e, y, t) = 0, \quad (k = 1, 2, \dots, m). \quad (6)$$

В этих равенствах вектор-функции  $D_e, S_e$  – соответственно перемещения и усилия в срединной плоскости элемента:

$$\bar{D}_e^* = [U_e^*, V_e^*, W_e^*, \psi_e^*]^T, \quad \bar{S}_e^* = [N_{ex}^*, N_{ey}^*, Q_{ex}^*, M_{ex}^*]^T. \quad (7)$$

Квадратная матрица направляющих косинусов  $h_e$  обеспечивает преобразование векторов из локальных в глобальную систему координат в сечениях  $x=0$  ( $b_{ek} = 1, \xi = 0$ ) и  $x=l$  ( $b_{ek} = -1, \xi = 1$ ).

Как показано в работе [7], общее число условий (5), (6) составляет  $8n$ . Наличие в этих соотношениях коэффициентов  $b_{ek}, b'_{ek}$ , представляющих элементы матриц инцидентий ориентированных графов  $B$  и  $B'$ , обеспечивает математически примыкание к  $k$ -й узловой линии только тех элементов, которые соответствуют заданной конфигурации системы. При этом знаки плюс и минус в формуле (6) относятся к первому и второму ненулевым элементам матрицы  $B'$ . Уравнения совместности перемещений (6) записаны в форме попарных равенств перемещений всех элементов, примыкающих к  $k$ -му ребру оболочки. Такой порядок составления условий (6) достигается соответствующей процедурой формирования матрицы  $B'$ , содержащей в каждой строке не более двух ненулевых элементов [7].

Соотношения (1) – (7), в отличие от аналогичной задачи, приведенной в работе [7], включают нестационарную нагрузку и содержат комплексные величины, обозначенные индексом со звездой. Такой подход в соответствии с предложением А. И. Цейтлина [1,8] предполагает введение в расчетную модель комплексного модуля упругости  $E^*$ , приводящего к зависимостям

$$\begin{aligned} L_e^* &= (\mathcal{G}_1 + i\mathcal{G}_2)L_e; \quad \bar{D}_e = \text{Re}(\bar{D}_e^*); \\ \bar{S}_e &= \text{Re}(\bar{S}_e^*); \quad \bar{P}_e = \text{Re}(\bar{P}_e^*), \end{aligned} \quad (8)$$

где  $L_e$  – матрица дифференциальных операторов с действительным модулем упругости  $E$ .

С целью интегрирования исходной задачи воспользуемся на интервале  $[0, L]$  синус- и косинус-преобразованиями Фурье по переменной  $y$ :

$$\begin{aligned} \bar{d}_{e,j}^{*f}(x,t) &= \int_0^L K_j \bar{d}_e^*(x,y,t) dy; \\ \bar{d}_e^*(x,y,t) &= 2 \sum_{j=1}^{\infty} K_j(y) \bar{d}_{e,j}^{*f}. \end{aligned} \quad (9)$$

Здесь первое равенство – прямое преобразование; второе – формула обращения;  $K_{j(y)}$  – диагональная матрица синусов и косинусов аргумента  $j_x y/L$ , приводящая к тождественному удовлетворению условий (5) на торцах оболочки [4].

В результате применения преобразования (9) к задаче (1) – (5) получим:

$$(\mathcal{G}_1 + i\mathcal{G}_2)L_{ej}^{*f} \left[ \bar{d}_{ej}^{*f}(x,t) \right] + G_e \partial^2 / \partial t^2 \bar{d}_{ej}^{*f}(x,t) = \bar{P}_{ej}^{*f}(x,t); \quad (10)$$

$$\bar{d}_{ej}^{*f}(x,0) = 0, \quad \partial / \partial t^2 \bar{d}_{ej}^{*f}(x,0) = 0; \quad (11)$$

$$\sum_{e=1}^n b_{ek} h_e \bar{S}_{ej}^{*f}(\xi_l, t) = 0, \quad (k=1,2,\dots,m); \quad (12)$$

$$\sum_{e=1}^n \pm |b'_{ek}| h_e \bar{D}_{ej}^{*f}(\xi_l, t) = 0, \quad (k=1,2,\dots,m). \quad (13)$$

В формулах (10) – (13)  $\bar{d}_{ej}^{*f}, \bar{D}_{ej}^{*f}, \bar{S}_{ej}^{*f}, \bar{P}_{ej}^{*f}$  представляют вектор-функции перемещений, усилий и нагрузок в пространстве изображений Фурье, т.е.

$$\begin{aligned} \bar{d}_{ej}^{*f}(x,t) &= [U_{ej}^{*s}, V_{ej}^{*c}, W_{ej}^{*s}]^T, \\ \bar{P}_{ej}^{*f} &= [P_{exj}^{*s}, P_{eyj}^{*c}, P_{ezj}^{*s}]^T; \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \bar{D}_{ej}^{*f} &= [U_{ej}^{*s}, V_{je}^{*c}, W_{ej}^{*s}, \mathcal{V}_{ej}^{*s}]^T, \\ \bar{S}_{ej}^{*f} &= [N_{exj}^{*s}, N_{exyj}^{*c}, Q_{exj}^{*s}, M_{exj}^{*s}]^T, \end{aligned} \quad (15)$$

где индексы  $s$  и  $c$  означают синус- и косинус-трансформанты Фурье соответствующих функций.

Введем на сегментах  $[0, l_e]$  конечное интегральное преобразование (КИП) по переменной  $x$ :

$$\varphi_{ni}^*(\omega_{ni}, t) = \sum_{e=1}^m \int_0^{l_e} \left\{ \bar{d}_{eni}^{*f}(x) \times G_e \times \bar{d}_{en}^*(x, t) \right\} dx; \quad (16)$$

$$\bar{d}_{en}^*(x, t) = \sum_{i=1}^{\infty} \varphi_{ni}^*(\omega_{ni}, t) \bar{d}_{eni}^{*f}(x) \|\Gamma_{ni}\|^{-2}. \quad (17)$$

Спектр собственных значений  $\omega_{ni}$  представлен действительными величинами.

Производим разделение переменных  $x$  и  $t$ . Получаем равенство, которое может быть представлено следующим образом:

$$(\mathcal{G}_1 + i\mathcal{G}_2) \sum_{e=1}^m \int_0^{l_e} \bar{d}_{eni}^{*f} L_e \bar{d}_{en}^* dx + \frac{\partial^2}{\partial t^2} \sum_{e=1}^m \int_0^{l_e} \bar{d}_{eni}^{*f} G_e \bar{d}_{en}^* dx = p_{ni}^*(t). \quad (18)$$

Вводим два условия:

$$\mathcal{G}_1 \sum_{e=1}^m \int_0^{l_e} \bar{d}_{eni}^{*f} L_e \bar{d}_{en}^* dx = -\omega_{ni}^2 \varphi_{ni}^*(t); \quad (19)$$

$$i_1 \mathcal{G}_2 \sum_{e=1}^m \int_0^{l_e} \bar{d}_{eni}^{*f} L_e \bar{d}_{en}^* dx = -c(t) \dot{\varphi}_{ni}^*(t). \quad (20)$$

Первое из них является операционным свойством, а второе содержит неопределенную функцию  $c(t)$ .

Преобразуем равенство (1) к такому виду:

$$\ddot{\varphi}_{ni}^*(t) + c(t) \dot{\varphi}_{ni}^*(t) + \omega_{ni}^2 \varphi_{ni}^*(t) = p_{ni}^*(t), \quad (n, i = \overline{1, \infty}). \quad (21)$$

Здесь  $\bar{d}_{en}, \bar{f}_{en}$  – вещественная часть разложения (19); из уравнения (21) с учетом начальных условий выделяем их вещественные части:

$$\ddot{\varphi}_{ni} + c(t) \dot{\varphi}_{ni} + \omega_{ni}^2 \varphi_{ni} = p_{ni},$$

$$\varphi_{ni}(0) = \varphi_{ni0}, \quad (22)$$

$$\dot{\varphi}_{ni}(t) \Big|_{t=0} = \dot{\varphi}_{ni0}, \quad (n, i = \overline{1, \infty}),$$

$$\text{где } \varphi_{ni}(t) = \text{Re}[\varphi_{ni}^*(t)]. \quad (23)$$

Здесь содержится дополнительный член  $c(t) \dot{\varphi}_{ni}(t)$ .

Начальные условия задачи Коши получаются путем выделения действительных частей. Тогда соотношения (21) для каждого тона колебаний представляют собой математическую модель движения линейного осциллятора с упруговязким сопротивлением.

Для определения функции  $c(t)$ , входящей в уравнение (21), воспользуемся формулами (19), (20), из которых следует такое равенство:

$$c(t) \mathcal{G}_1 \dot{\varphi}_{ni}^*(\omega_{ni}, t) = i_1 \mathcal{G}_2 \omega_{ni}^2 \varphi_{ni}^*(\omega_{ni}, t). \quad (24)$$

Полагаем, что нагрузка изменяется во времени по любому периодическому закону с периодом  $T$ . Тогда справедливо следующее разложение:

$$p_{ni}^*(t) = \sum_{r=1}^{\infty} p_{nir}^0 e^{i(\Omega_r t - \beta_r)}, \quad (25)$$

где  $p_{nir}^0$  – амплитудные значения гармонических составляющих функции нагрузки,  $\Omega_r = 2\pi r T^{-1}$ ;  $\beta_r$  – круговые частоты и начальные фазы их изменения.

Используем зависимость (25) для описания неперриодического процесса нагружения и рассмотрим нестационарное воздействие как предельный случай стационарного при  $T \rightarrow \infty$ . Если нагрузка может быть представлена функциями, всюду удовлетворяющими условиям Дирихле и абсолютно интегрируемыми, то комплексный ряд (25) переходит в двойной комплексный интеграл Фурье:

$$p_{ni}^*(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty d\Omega \int_{-\infty}^\infty p_{ni}(\tau) e^{i\Omega(t-\tau)} d\tau. \quad (26)$$

Очевидно, что воздействию (26) при выполнении принципа суперпозиции линейных решений соответствует трансформанта преобразования, имеющая аналогичный вид, т.е.:

$$\begin{aligned} \varphi_{ni}^*(t) &= \frac{2}{\pi} \int_0^\infty F_{ni}^*(\Omega, t) d\Omega; \\ F_{ni}^*(\Omega, t) &= \int_{-\infty}^\infty \varphi_{ni}(\tau) e^{i\Omega(t-\tau)} d\tau. \end{aligned} \quad (27)$$

При этом известно, что диссипативные силы в слабодемпфированных системах влияют на амплитуду колебаний лишь в весьма узком диапазоне частоты в резонансной области, а на частоту свободных колебаний практически не влияют. В связи с этим для  $n, i$ -го тона колебаний справедливы следующие приближенные зависимости:

$$\varphi_{ni}^*(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty F_{ni}^*(\Omega, t) d\Omega \cong \frac{2}{\pi} \int_{\omega_{ni}-\Delta}^{\omega_{ni}+\Delta} F_{ni}^*(\Omega, t) d\Omega; \quad (28)$$

$$\dot{\varphi}_{ni}^*(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \Omega F_{ni}^*(\Omega, t) d\Omega \cong i_1 \omega_{ni} \frac{2}{\pi} \int_{\omega_{ni}-\Delta}^{\omega_{ni}+\Delta} F_{ni}^*(\Omega, t) d\Omega,$$

где  $\Delta$  – характеристика, определяющая ширину резонансной зоны.

Из соотношений (28) следует:

$$\dot{\varphi}_{ni}^*(t) = i_1 \omega_{ni} \varphi_{ni}^*(t). \quad (29)$$

Подстановка соотношения (28) в равенство (19) позволяет получить формулу для искомого коэффициента вязкости

$$c(t) = c_{ni} = \omega_{ni} \mathcal{G}_2 / \mathcal{G}_1, \quad (30)$$

которая с достаточной степенью точности может быть представлена в следующем виде:

$$c_{ni} = \varepsilon \Omega_{ni}. \quad (31)$$

Решение начальной задачи записывается в виде интеграла Дюамеля:

$$\begin{aligned} \varphi_{ni}(t) &= A_{ni}^0 \exp(-0.5\varepsilon\omega_{ni}) \text{Sin}(\omega_{ni}t + \psi_{ni}^0) + \\ &+ \frac{1}{\omega_{ni}} \int_0^t p_{ni}(\tau) \exp[-0.5\varepsilon\omega_{ni}(t-\tau)] \text{Sin}\omega_{ni}(t-\tau) d\tau, \end{aligned} \quad (32)$$

где  $A_{ni}^0 = \sqrt{\varphi_{0ni}^2 + (\dot{\varphi}_{0ni} + 0.5\varepsilon\omega_{ni}\varphi_{0ni})^2} \omega_{ni}^{-2}$ ,  $\psi_{ni}^0 = \arctg \frac{\omega_{ni}\varphi_{0ni}}{\dot{\varphi}_{0ni} + 0.5\varepsilon\omega_{ni}\varphi_{0ni}}$ . (33)

Об авторе:

**ВРОНСКАЯ Елена Сергеевна**

кандидат технических наук, доцент кафедры строительной механики и сопротивления материалов Самарский государственный технический университет Архитектурно-строительный институт 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194

Необходимо отметить, что полученное соотношение для коэффициентов  $c_{ni}$  приводит к частотно-независимой вязкоупругой модели, позволяющей учитывать внутреннее сопротивление материала призматической оболочки при ее нестационарном динамическом нагружении.

**Вывод.** Численный анализ колебаний с учетом внутреннего сопротивления показывает, что влияние отмеченного фактора приводит к снижению амплитудных значений колебаний на 7–8 %. Эффект влияния внутреннего сопротивления на напряженно-деформированное состояние является наиболее ощутимым в случае действия кратковременных нагрузок, причем на усилиях это влияние сказывается в большей степени, чем на перемещениях.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Еленицкий Э.Я., Хренков С. Л. Нестационарная задача динамики для стержневых систем с распределенными параметрами // Изв. вузов. Строительство. 1996. № 3. С. 36–43.
2. Цейтлин А.И. О линейных моделях частотно-независимого внутреннего трения // Изв. АН СССР. МТТ.1978. №3. С.18–28.
3. Еленицкий Э.Я., Вронская Е.С. Нестационарная задача динамики для призматических систем с учетом внутреннего трения // Изв. Вузов. Строительство. 1998. № 7. С. 25–33.
4. Вронская Е.С., Емец В.Н. Расчет составных конструкций с учетом внутреннего трения // Труды 14-й международной конференции-конкурса. Технические науки. Ч. 8. Строительство и архитектура. Самара, 2013.
5. Власов В.З. Тонкостенные пространственные системы. М.: Издательство академии наук СССР. 1964. 472 с.
6. Еленицкий Э.Я. Расчет свободных колебаний призматических систем с распределенными параметрами // Изв. вузов. Строительство. 1996. № 7. С. 26–31.
7. Милейковский И.Е. Расчет оболочек и складок методом перемещений. М.: Госстройиздат, 1960. 357 с.
8. Сорокин Е.С. К теории внутреннего трения при колебаниях упругих систем. М.: Госстройиздат, 1960. 154 с.
9. Харари Ф. Теория графов. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат.лит.,1973.
10. Цейтлин А.И. Прикладные методы решения краевых задач строительной механики. М.: Стройиздат, 1984. 334 с.
11. Сеницкий Ю.Э. Многокомпонентное обобщенное конечное интегральное преобразование и его приложение к нестационарным задачам динамики // Известия вузов. Математика.1991. №4. С.57–63.

**ВРОНСКАЯ Elena S.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Construction Mechanics and Strength of Materials Chair Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194

Для цитирования: Вронская Е.С. Динамический расчет призматических систем с учетом внутреннего трения // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 24-27. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.5.

For citation: Vronskaya E.S. Dynamic calculation of prismatic systems taking into account internal friction // Urban Construction and Architecture. 2017. V.7, 3. Pp. 24-27. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.5.

# ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 628.16.081:535:537

DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.6

**В.И. КИЧИГИН**  
**С.Н. СКОРОХОВ**

## К ВОПРОСУ О ПРИМЕНИМОСТИ ВЕЛИЧИНЫ $\zeta$ -ПОТЕНЦИАЛА ВОДЫ В КАЧЕСТВЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТЕПЕНИ ЕЁ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ

APPLICABILITY OF WATER  $\zeta$ -POTENTIAL AS ITS POLLUTION DENSITY CHARACTERISTICS

*Рассмотрены преимущества и недостатки существующих методов определения качества воды. Предложено использовать в качестве ключевого показателя электрокинетический потенциал в сочетании с кластерным анализом получаемых результатов. Показано, что по показателям: pH, мутность, щелочность, общая жесткость, содержание ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  качество исследованной питьевой воды г. Самары отличалось стабильностью и соответствовало действующим нормам. Были выявлены некоторые зависимости измеряемого  $\zeta$ -потенциала исследуемой воды от степени ее загрязненности. Установлено, что связь между  $\zeta$ -потенциалом и различного рода загрязнениями в питьевой воде мало изучена и требует более детального исследования.*

**Ключевые слова:** коллоиды,  $\zeta$ -потенциал, питьевая вода, электрофоретическая подвижность, факторный анализ

*The paper discusses advantages and disadvantages of existing methods for determining water quality. It proposes to use electro-kinetic capacity as a key indicator together with cluster analysis of obtained results. It is shown, that according to such indicators as pH, turbidity, alkalinity, general rigidity, content of ion  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , the quality of drinking water in Samara is stable and consistent with existing standards. The research reveals some zeta-potential (ZP) dependence on water pollution density. It was shown that the link between zeta-potential and various kinds of contamination in drinking water is underexplored and requires further detailed study.*

**Keywords:** colloids,  $\zeta$ -potential, drinking water, electrophoretic mobility, factor analysis

Академик А.Е. Ферсман отмечал, что вода – это самый дорогой минерал на планете Земля, природный ресурс, являющийся единственно незаменимым условием любого жизнеобразования. Действительно, в среднем человеческий организм на 75 % состоит из воды (растворителя), а ткань его мозга – на 85 %. Человеческий эмбрион содержит 95 % воды, а к 80-летнему возрасту – только 50 % [1–3]. Установлено [2, с. 41], что с возрастом содержание воды в клетках уменьшается до тех пор, пока соотношение объемов воды внутри клеток и вне клеток не изменится с 1,1 до 0,8. В работах [1–4] убедительно показана исцеляющая сила воды, воздействующая на живой организм. В 1971 г. д.т.н., академиком Московского авиационного института (МАИ) В.Д. Плыкиным было сделано открытие о том, что *основное назначение воды – быть информационной основой биологической жизни во Вселенной* [5, с. 12], что в дальнейшем было подтверждено практически [6–8].

В настоящее время человечество располагает технологиями получения воды любой чистоты [9,10]. Однако успешное решение проблемы получения воды нужного качества опирается в два основных

препятствия: себестоимость ее очистки и придание ей свойств «живой», а не «мертвой» воды. Известно, что при любой водоподготовке требуется постоянный контроль над качеством обрабатываемой воды. Химический анализ воды является обязательным, но очень дорогим компонентом успешности любой технологии очистки воды. Процесс этот, как правило, трудоемок по времени, экономически затратен, а главное – недостаточно точен (воспроизводимость химических анализов воды не превышает  $\pm 30\%$ ).

Для снижения влияния этих недостатков в последнее время все чаще стали использовать интегральные показатели загрязненности воды [11,12] с привлечением аппарата факторного анализа. Факторный анализ (*базирующийся на системе химических анализов*) позволяет найти репрезентативный набор диагностирующих систему показателей, т.е. проводить мониторинг состава воды. Более дешевым является использование физических показателей качества воды. Учитывая, что для глубокой очистки воды из нее требуется извлекать загрязнения коллоидной степени дисперсности, мерой устойчивости которых является  $\zeta$ -потенциал (он зависит



от физико-химического состава воды [13, с. 194–196]), возникло заманчивое предложение использовать этот показатель для характеристики ее качества. Кроме того, необходимо было установить и зависимость  $\zeta$ -потенциала от ряда физико-химических показателей качества следуемой воды.

В настоящих исследованиях авторами был принят амперометрический метод определения электрофоретической подвижности коллоидных частиц на устройстве, созданном на кафедре водоснабжения и водоотведения Самарского государственного архитектурно-строительного университета [14]. Оно состояло из источника питания постоянного тока Б5-31, авометра М-830ВZ и измерительной камеры с двумя электродами. Напряжение составляло 30 В, а расстояние между электродами – 46 мм (0,046 м).

Испытанию подвергалась вода, взятая из водопроводных кранов жилой застройки в разных районах

города Самары в апреле-июле 2016 г. Определение искомых величин (максимальной силы тока в ячейке и времени ее достижения) в каждой пробе воды проводилось по пять раз. Полученные значения обрабатывались методами математической статистики при уровне значимости  $q = 0,05$  по методикам, изложенным в работе [15]. Расчет величины  $\zeta$ -потенциала проводился по уравнению Гельмгольца-Смолуховского [13, с. 201] и представлен в табл. 1. Физико-химический состав исследуемой воды определялся в паспортизированной гидрохимической лаборатории кафедры водоснабжения и водоотведения Самарского государственного архитектурно-строительного университета по общепринятым методикам. Обобщенная характеристика исследуемой воды приведена в табл. 2, а зависимости величины  $\zeta$ -потенциала от показателей качества питьевой воды – на рис. 1 – 3.

Таблица 1

Расчет величины  $\zeta$ -потенциала

Место отбора проб	Дата отбора проб	Температура, °С	Скорость движения частиц, см/с	Электрофоретическая подвижность, см <sup>2</sup> /В·с	$\zeta$ -потенциал, мВ
Ул. Мориса-Тореза, 103	31.03.2016	18	0,012	0,0001025	145,6
	13.07.2016	19	0,010	0,0001057	150,1
	17.11.2016	17	0,010	0,0001083	153,8
	14.03.2017	19	0,011	0,0000983	139,6
Ул. Ново-Садовая, 18	18.03.2016	18	0,012	0,0001135	161,1
	12.07.2016	20	0,009	0,0000945	134,2
	27.10.2016	18	0,010	0,0001124	159,6
	07.12.2016	18	0,012	0,0001156	164,2
Ул. Молодогвардейская, 194	24.03.2016	18	0,014	0,0001244	176,7
	12.07.2016	21	0,010	0,0001054	149,7
	17.11.2016	18	0,014	0,0000992	140,9
	07.12.2016	19	0,019	0,0000985	139,9
Ул. Советской Армии, 241	14.04.2016	19	0,012	0,0001016	144,3
	02.09.2016	23	0,011	0,0001303	185,0
	19.11.2016	18	0,013	0,0001361	193,2
	17.03.2017	20	0,011	0,0001183	168,0
Ул. Самарская, 61	28.04.2016	20	0,011	0,0001071	152,0
	14.07.2016	21	0,010	0,0001036	147,1
	19.11.2016	19	0,011	0,0001088	154,5
	14.03.2017	19	0,010	0,0001073	152,4
Ул. Демократическая, 37	05.05.2016	19	0,011	0,0001244	176,6
	13.07.2016	21	0,010	0,0001329	188,7
	17.11.2016	18	0,010	0,0001200	170,4
	17.03.2017	20	0,011	0,0001230	174,6
Ул. Партизанская, 56	12.05.2016	18	0,010	0,0001065	151,2
	14.07.2016	23	0,011	0,0001067	151,6
	27.10.2016	18	0,011	0,0001114	158,2
	07.12.2016	17	0,009	0,0000896	127,3

Таблица 2

## Обобщенная характеристика исследуемой воды

Место отбора проб	Дата исследований	ζ-потенциал, мВ	pH	Температура, °С	Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	Щелочность, ммоль/ дм <sup>3</sup>	Общая жесткость, мг-экв/ дм <sup>3</sup>	Кальций, мг-экв/ дм <sup>3</sup>	Магний, мг-экв/ дм <sup>3</sup>	Хлориды, мг/ дм <sup>3</sup>
Ул. Мориса-Тореза, 103	31.03.2016	145,6±11	6,7	18	Отсут.	3,1	4,9	4,6	0,3	31,92
	13.07.2016	150,1±13	6,57	19	0,91	2,0	3,5	2,7	0,8	27,36
	17.11.2016	153,8±10	6,62	17	Отсут.	2,1	3,7	2,6	1,1	31,92
	15.03.2017	139,6±6	6,75	19	Отсут.	2,8	4,5	3,6	0,9	34,96
Ул. Ново-Садовая, 18	18.03.2016	161,1±11	6,98	18	0,758	3,0	5,4	3,5	1,9	28,88
	12.07.2016	134,2±20	6,54	20	Отсут.	2,7	3,7	2,7	1,0	31,92
	27.10.2016	159,6±8	6,78	18	Отсут.	2,5	4,2	3,0	1,2	24,78
	07.12.2016	164,2±22	6,56	18	Отсут.	3,1	4,6	3,3	1,3	26,55
Ул. Молодогвардейская, 194	24.03.2016	176,7±23	6,94	18	Отсут.	2,8	4,8	4,0	0,8	24,32
	12.07.2016	149,7±8	6,64	21	0,61	1,9	3,7	2,7	1,0	31,92
	17.11.2016	140,9±9	6,53	18	Отсут.	2,2	4,2	3,1	1,1	31,92
	07.12.2016	139,9±3	6,78	19	Отсут.	2,8	4,8	3,4	1,4	26,55
Ул. Советской Армии, 241	14.04.2016	144,3±9	6,51	19	Отсут.	3,3	4,8	3,5	1,3	30,4
	02.09.2016	185,0±7	6,4	23	Отсут.	2,1	3,4	2,5	0,9	21,28
	19.11.2016	193,2±10	6,59	18	Отсут.	2,3	3,2	2,3	0,9	31,92
	17.03.2017	168,0±10	7,1	20	Отсут.	3,4	5,3	4,0	1,3	40,71
Ул. Самарская, 61	28.04.2016	152,0±10	7,01	20	Отсут.	3,0	4,3	3,0	1,3	31,92
	14.07.2016	147,1±6	6,51	21	0,76	2,1	3,6	2,6	1,0	28,88
	19.11.2016	154,5±3	6,60	19	Отсут.	2,3	3,5	2,3	1,2	31,92
	15.03.2017	152,4±4	6,58	19	Отсут.	2,9	4,2	3,2	1,0	31,92
Ул. Демократическая, 37	05.05.2016	176,6±13	7,02	19	Отсут.	2,8	3,4	2,4	1,0	30,4
	13.07.2016	188,6±10	6,73	21	Отсут.	1,9	2,7	1,9	0,8	31,92
	17.11.2016	170,4±4	6,84	18	Отсут.	2,1	2,9	1,9	1,0	28,88
	17.03.2017	174,6±9	7,4	20	Отсут.	3,3	4,6	3,5	0,9	33,44
Ул. Партизанская, 56	12.05.2016	151,2±10	6,85	18	2,20	2,6	4,6	2,6	2,0	28,88
	14.07.2016	151,6±8	6,47	23	Отсут.	2,0	3,9	3,0	0,9	28,88
	27.10.2016	158,2±9	6,72	18	Отсут.	2,5	4,3	3,1	1,2	24,78
	07.12.2016	127,3±16	7,59	17	0,076	3,0	4,6	3,3	1,3	26,55

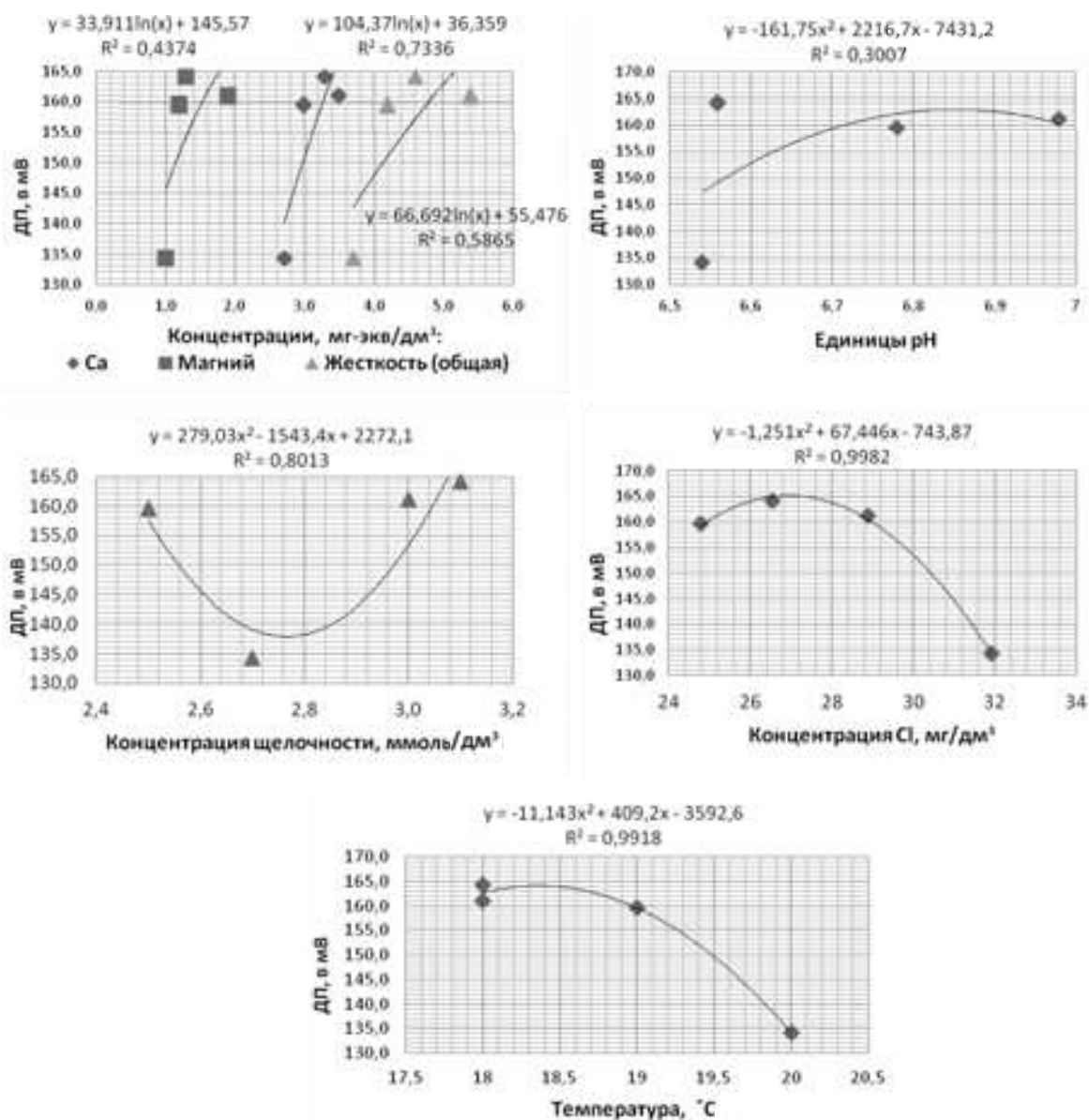


Рис. 1. Зависимость  $\zeta$ -потенциала (ДП) от показателей качества питьевой воды по адресу: ул. Мориса-Тореза, 103

Анализ полученных результатов показал, что чем дальше от насосно-фильтровальной станции находилась точка отбора пробы воды, тем хуже были значения исследуемых показателей (табл. 1 и 2). Можно предположить, что основной причиной ухудшения качества питьевой воды в удаленных точках являются «вторичные загрязнения», вызванные состоянием водопроводной сети города. Вероятно, настало время для создания при Самарских коммунальных системах города системы экспресс-контроля качества воды, например по изменению величины ее  $\zeta$ -потенциала, не только на станциях водопод-

готовки, но и в контрольных точках ее потребления на территории города.

Установлено, что по показателям: pH, мутность, щелочность, общая жесткость, содержание ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  – качество исследованной питьевой воды Самары отличалось стабильностью и соответствовало 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». Были выявлены зависи-

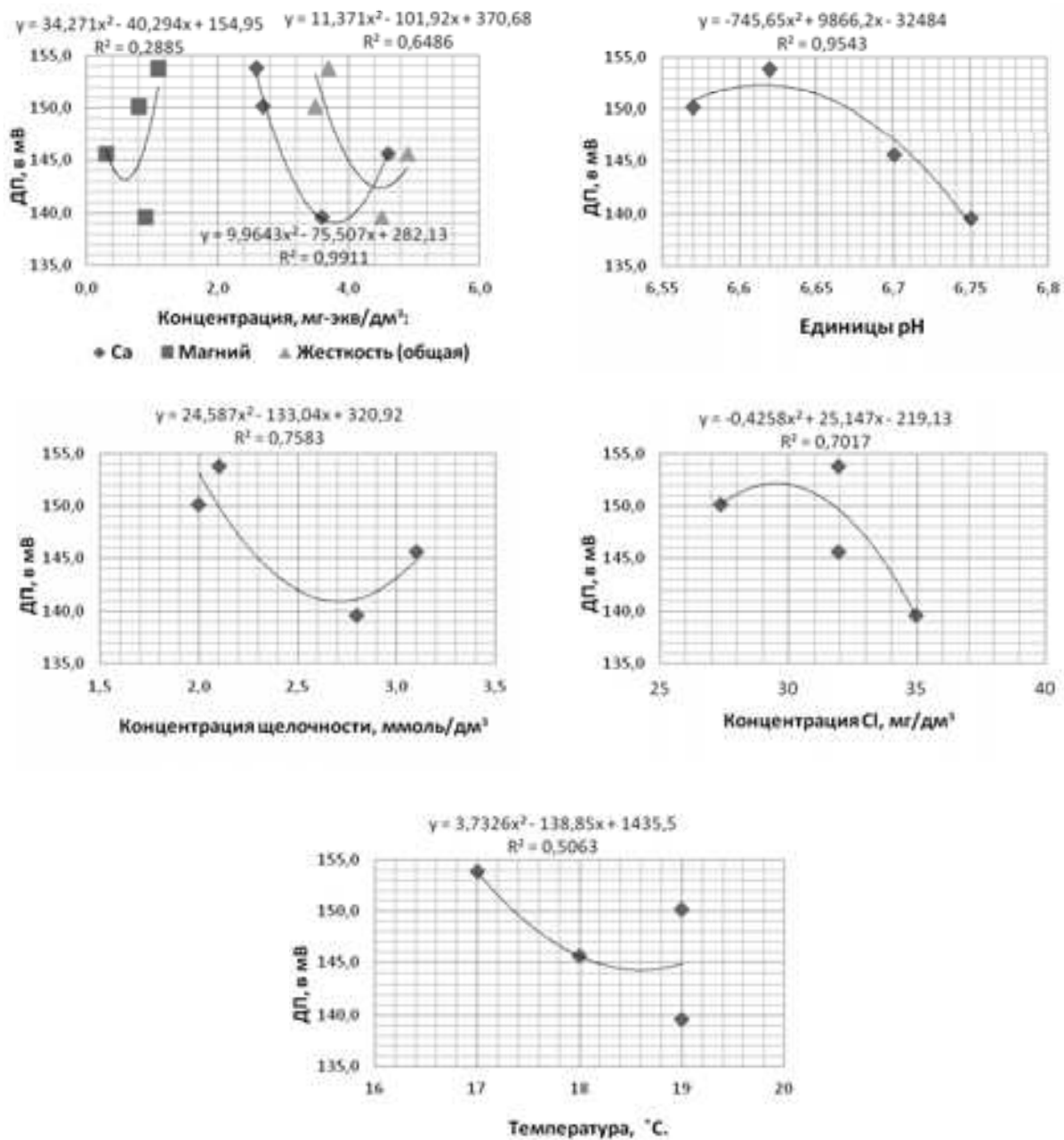


Рис. 2. Зависимость ζ-потенциала (ДП) от показателей качества питьевой воды по адресу: ул. Ново-Садовая, 18

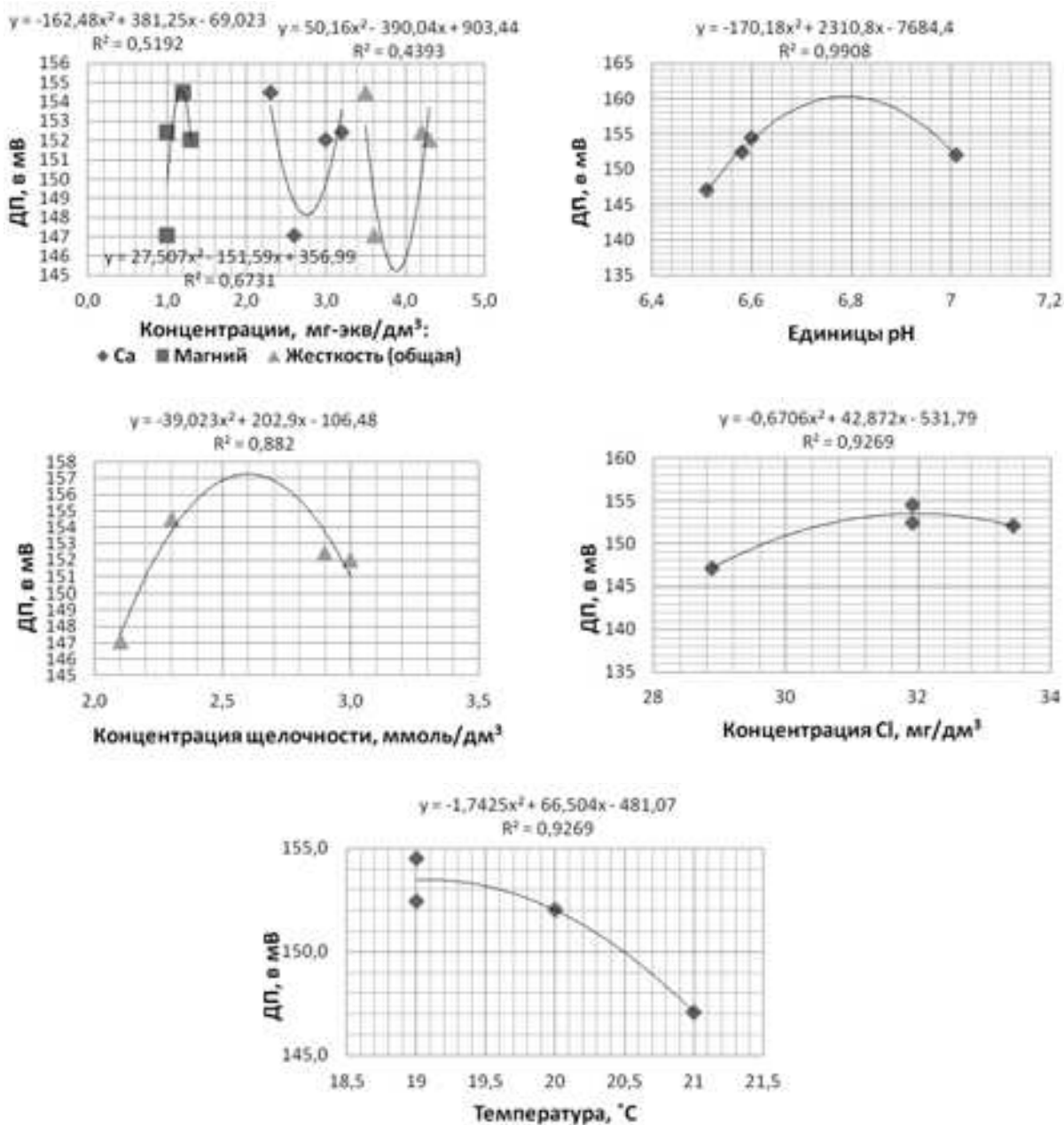


Рис. 3. Зависимость ζ-потенциала (ДП) от показателей качества питьевой воды по адресу: ул. Самарская, 61

мости величины  $\zeta$ -потенциала исследуемой воды от некоторых физико-химических показателей качества воды (рис. 1 – 3). Результаты проведенных исследований говорят о том, что значения показателей качества воды подвержены сезонному изменению (см. табл. 2 и рис. 1 – 3).

**Выводы.** 1. Установлено, что по показателям: мутность, щелочность, рН, общая жесткость, содержание ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  – качество исследованной питьевой воды Самары отличалось стабильностью и соответствовало действующим нормам.

2. Показано, что чем дальше от насосно-фильтровальной станции находилась точка отбора пробы воды, тем хуже были значения исследуемых показателей, поэтому контролировать качество воды следует не только на станции водоподготовки, но и у потребителей.

3. Установлено, что связь между  $\zeta$ -потенциалом и различного рода загрязнениями в питьевой воде требует дальнейшего более детального изучения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батмагхелидж Ф. Вода – натуральное лекарство / пер. с англ. О.Г. Белошеева. 2-е изд. Минск: Попурри, 2008. 592 с.
2. Батмагхелидж Ф. Вода для здоровья / пер. с англ. О.Г. Белошеева. 6-е изд. Минск: Попурри, 2009. 288 с.
3. Батмагхелидж Ф. Вы не больны, у вас жажда / пер. с англ. О.Г. Белошеева. 3-е изд. Минск: Попурри, 2010. 320 с.
4. Бачман Д.Д. Исцеляющая сила воды / пер. с англ. Л.А. Бабук. Минск: Попурри, 2006. 496 с.
5. Плякин В.Д. В начале было Слово... или След на воде. Изд. 3-е, перераб. и доп. Ижевск: Орион Плюс, 2000. 54 с.
6. Эмото Масару. Послания воды. Тайные коды кристаллов льда / пер. с англ. М.: София, 2007. 128 с.
7. Эмото Масару, Флиге Юрген. Исцеляющая вода: Информация – вибрация – материя / пер. с нем. М.: София, 2007. 144 с.
8. Бурдыкин Б.Е. Космическая тайна воды. СПб.: Питер, 2007. 240 с.
9. Кульский Л.А., Даль В.В. Проблемы чистой воды. Киев: Наукова думка, 1974. 230 с.
10. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. 4-е изд., перераб. и доп. Киев: Наукова думка, 1983. 528 с.
11. Кичигин В.И., Палагин Е.Д. Использование интегральных показателей загрязненности для анализа состояния водотоков (на примере Самарской области) // Водоснабжение и санитарная техника. 2005. № 7. С. 25–29.
12. Палагин Е.Д., Гриднева М.А., Быкова П.Г., Набок Т.Ю. Закономерности изменения состава поверхностных сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 8. С. 56–60.
13. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Химия, 1975. 512 с.
14. 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.
15. Зикс Л. Статистическое оценивание / пер. с нем. В.Н. Варыгина; под ред. Ю.П. Адлера и В.Г. Горского. М.: Статистика, 1976. 599 с.

Об авторах:

#### КИЧИГИН Виктор Иванович

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

#### СКОРОХОДОВ Сергей Николаевич

магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Архитектурно-строительный институт 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: kichigin.viktr@rambler.ru

#### KICHIGIN Viktor I.

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

#### SKOROKHODOV Sergey N.

Master's Degree Student of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: kichigin.viktr@rambler.ru

Для цитирования: Кичигин В.И., Скороходов С.Н. К вопросу о применимости величины  $\zeta$ -потенциала воды в качестве характеристики степени её загрязненности // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 28-34. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.6.

For citation: Kichigin V.I., Skorokhodov S.N. Applicability of water  $\zeta$  – potential as its pollution density characteristics // Urban Construction and Architecture. 2017. V.7, 3. Pp. 28-34. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.6.

**А.К. СТРЕЛКОВ**  
**Е.Е. КОТОВСКАЯ**  
**С.Ю. ТЕПЛЫХ**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ВОДЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ Г. СИМФЕРОПОЛЯ**

**SURFACE SOURCES OF CENTRALIZED DRINKING WATER SUPPLY: THEIR PURIFICATION FROM BIOCONTAMINATION AND PURIFICATION EFFICIENCY DETERMINATION (WITH THE CITY OF SIMFEROPOL TAKEN AS AN EXAMPLE)**

*Представлены результаты статистического анализа появления в воде водохранилищ централизованного водоснабжения города Симферополя Республики Крым органических загрязнений, определенных по показателю перманганатная окисляемость. Выявлена закономерность распределения содержания органических загрязнений и ее аналитическое описание для четырех источников централизованного водоснабжения. Получены модели распределения данного показателя для воды, прошедшей очистку на водопроводных очистных сооружениях Симферополя Республики Крым (в резервуаре чистой воды). Рассчитана эффективность работы двухступенчатой схемы очистки воды (горизонтальные отстойники – скорые фильтры) от органических загрязнений. Определена вероятность превышения нормативных значений перманганатной окисляемости для питьевой воды относительно норм Всемирной организации здоровья и требований на питьевую воду по данному показателю для Российской Федерации. Определена требуемая степень удаления органических загрязнений на водопроводных очистных сооружениях для обеспечения соответствия качества питьевой воды нормам Всемирной организации здоровья.*

**Ключевые слова:** органические загрязнения, хлорорганические загрязнения, перманганатная окисляемость, степень очистки, закон распределения, граничное значение, источники централизованного питьевого водоснабжения

Одним из показателей, определяющих качество воды в поверхностном источнике централизованного водоснабжения в процессе ее подготовки, а также после очистки на водопроводных очистных сооружениях (ВОС), является содержание природных органических соединений (ПОС). Наличие в воде ПОС оказывает влияние прямым или косвенным образом на кинетику агрегации коллоидных примесей [1–5]. Кроме первичных природных органических соединений, в поверхностных водах присутствуют продукты жизнедеятельности микроорганизмов – растворимые органические соединения разной природы. Они приводят к образованию нежелательных вторичных продуктов окисления, когда при водо-

*The paper demonstrates statistical analysis results of biocontamination of Simferopol water reservoirs of centralized drinking water supply sources. The biocontamination results were obtained by permanganate oxidizability factor. The analysis revealed a consistent pattern of biocontamination distribution and its analytical description for four sources of centralized water supply. The paper also introduces models of this factor distribution for water purified in water-purification plants of the city of Simferopol (in clean-water reservoirs). The effectiveness of two-step water purification scheme (horizontalstrainer chamber – high-rate trickling filter) from biocontamination is calculated. The research demonstrates a probability of exceeding permanganate oxidizability normative values for drinking water according to WHO and EU standards and according to drinking water requirements for this indicator in the Russian Federation. The required degree of permanganate oxidizability disposal at water treatment plants which will make the quality of drinking water meet WHO and EU standards is also defined.*

**Keywords:** Biocontamination, organochlorine contamination, permanganate oxidizability, degree of purification, distribution law, boundary value, sources of centralized drinking water supply

подготовке используют предварительную, промежуточную и заключительную стадии хлорирования [2]. Вторичные продукты хлорирования являются токсичными хлорорганическими соединениями, опасными для здоровья человека. Хлорорганические соединения практически не удаляются на последующих стадиях водоподготовки и увеличивают токсичность питьевой воды [3].

Оценку качества источников питьевого водоснабжения, т.е. воды, прошедшей очистку на ВОС и эффективность их работы по удалению органических соединений, выполним по показателю перманганатной окисляемости (ПО), который является одним из параметров, характеризующих эффективность техноло-



гического процесса водоподготовки. Если показатели мутности, цветности и взвешенных веществ находятся в пределах регламентирующих нормативных документов РФ (СанПиН 2.1.4.10704-01), а перманганатная окисляемость превышает допустимое значение, то при определении дозы коагулянта ее следует учитывать согласно п.9.15 СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

Определение перманганатной окисляемости является не только способом установления концентрации органических веществ, но в сочетании с другими показателями, например с цветностью, может использоваться при установлении их природы [6]. Представление относительно характера органических соединений, содержащихся в воде, можно получить при сравнении отношения цветности и окисляемости [7].

Остаточное содержание органических загрязнений способствует образованию комплексных соединений с металлами, взаимодействующими с водой, что также оказывает негативное влияние на здоровье человека [3].

В опубликованных работах многих исследователей проведена оценка эффективности водоподготовки на основе выявленных закономерностей

по перманганатной окисляемости и изменения качества исходной воды в процессе ее очистки. Так, в работе Л.И. Кантора эффективность очистки по показателю ПО Северного ковшового водопровода МУП «Уфаводоканал» составила от 40,8 до 47 %. При этом, используя анализ временных рядов, были выделены из данных аналитических наблюдений тренд-циклическая, сезонная и случайная составляющие показателя ПО [8]. В исследованиях А.О. Родиной представлены эмпирические формулы для расчета эффективности работы отдельных сооружений ВОС г. Вологды по основным показателям качества обрабатываемой воды [9].

Для определения влияния того или иного показателя необходимо иметь представление и о других не менее значимых качественных показателях питьевых источников централизованного водоснабжения (ИЦВ) и резервуаров чистой воды (РЧВ).

В табл. 1 приведены данные качественного состава воды по показателям мутность, цветность, рН из ИЦВ и РЧВ г. Симферополя за период с 2001 по 2009 гг., а также нормативные требования СанПиН 2.1.4.1074-01 по этим показателям.

Таблица 1

Данные качественного состава воды из ИЦВ и РЧВ г. Симферополя

Показатель	Содержание в исходной воде				Содержание в РЧВ			Требования СанПиН 2.1.4.1074-01 к питьевой воде
	Симферопольское водохранилище	Партизанское водохранилище	Межгорное водохранилище	Аянское водохранилище	РЧВ Симферопольского гидроузла	РЧВ Партизанского гидроузла	РЧВ Межгорного гидроузла	
Мутность, мг/л	1–27	2,4–78	4–30	0,25–9,5	0,25–2	0,5–2,2	0,5–1,5	Не более 1,5 (2)
Цветность, град	1–40	7–70	20–40	2–25	5–11,4	5–13	7–15	Не более 20 (35)
рН	7,2–8,7	7,75–8,25	7,9–8,3	7,28–8,3	7,1–8,5	7,44–8,15	7,6–7,8	6–9

Данные, приведенные в табл. 1, графически представлены на рис. 1, где показаны диапазоны изменения качественного состава (мутность, цветность, ПО) в ИЦВ, указана производительность и схема очистки воды на ВОС разных гидроузлов (ГУ) г. Симферополя.

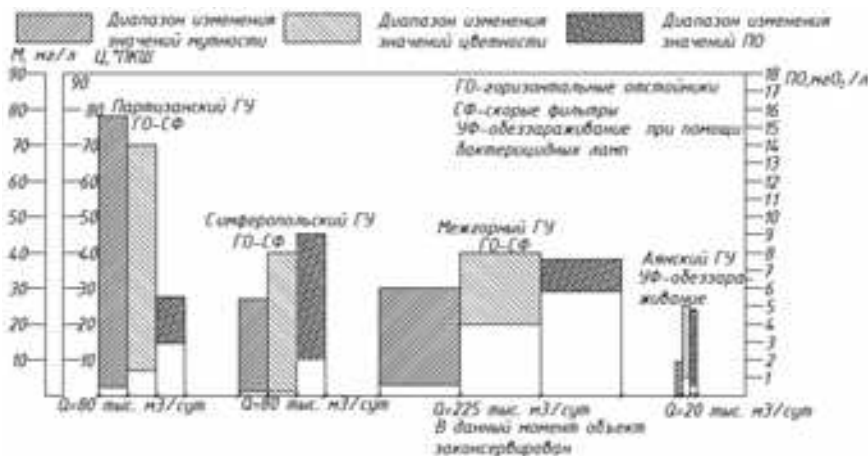


Рис.1. Источники водоснабжения г. Симферополя

Проанализировав данные, представленные в табл. 1 и на рис. 1, можно заключить следующее: воды Симферопольского и Межгорного водохранилищ являются маломутными и средней цветности, воды Партизанского водохранилища – средней мутности и средней цветности, а воды Аянского водохранилища – маломутные и малоцветные. Показатели качества воды (табл. 1) по мутности, цветности после очистки (вода в РЧВ) соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01.

Очистные сооружения Симферопольского, Партизанского, Межгорного гидроузлов представляют собой двухступенчатую схему очистки: горизонтальные отстойники и скорые фильтры с применением коагулянтов (сернокислый алюминий) и флокулянтов (полиакриламид). Для обеззараживания воды применяется хлорирование (установки гипохлорита Na, бактерицидные лампы). Вода Аянского гидроузла очистке не подвергается, применяется только обеззараживание при помощи бактерицидных ламп, и подается на ВОС Симферопольского гидроузла, по пути следования вода отбирается для водоснабжения населенных пунктов Салгирской Долины. В летний период вода до Симферопольских ВОС не доходит, так как полностью отбирается населенными пунктами Салгирской долины.

В нормативных документах Всемирной организации здоровья (ВОЗ) [10] и Европейского Союза (ЕС) [11] требования к питьевой воде более строгие, чем требования нормативных документов РФ, которые регламентирует СанПиН 2.1.4.10704-01. Требо-

вания по содержанию органических соединений, определенных по перманганатной окисляемости, в воде источников централизованного питьевого водоснабжения в РФ определены ГОСТ 2761-84\* (табл. 2).

Для воды, прошедшей очистку на ВОС, содержание органических соединений, определенных по перманганатной окисляемости, приведено в табл. 3.

Содержание органических загрязнений по показателю перманганатная окисляемость в воде четырех источников централизованного водоснабжения г. Симферополя: Симферопольское, Партизанское, Межгорное и Аянское водохранилища, а также в резервуарах чистой питьевой воды гидроузлов на этих водохранилищах за период с 2002 по 2013 гг. было определено при помощи стандартных статистических методов с применением законов распределения, которые связывают возможные значения ПО с вероятностью их появления.

В качестве примера (табл. 4) приведены данные по содержанию органических загрязнений в воде Межгорного водохранилища.

Полученные результаты обработки статистических данных сведены в табл. 5, в которой представлены минимальные ( $ПО_{min}$ ) и максимальные ( $ПО_{max}$ ) значения, среднее квадратическое отклонение  $\sigma_{ПО}$ , математическое ожидание  $M(ПО)$  и аналитический закон распределения органических загрязнений для четырех источников централизованного водоснабжения г. Симферополя.

На рис. 2 – 5 представлены функции плотности распределения для четырех источников централизо-

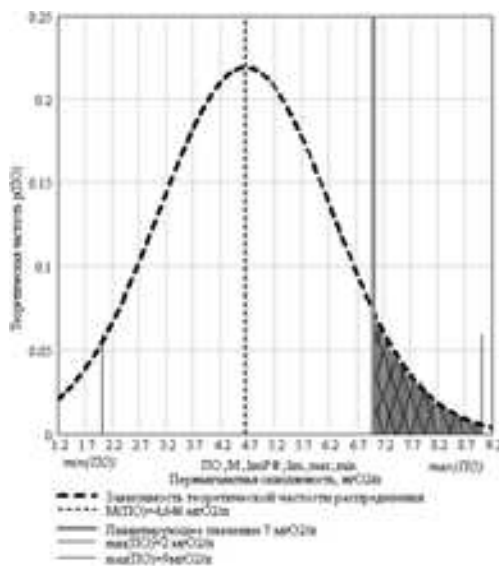


Рис. 2. Функции плотности распределения значений ПО для воды из Симферопольского водохранилища, предельное значение  $ПО_{lim}=7 \text{ мгО}_2/\text{л}$

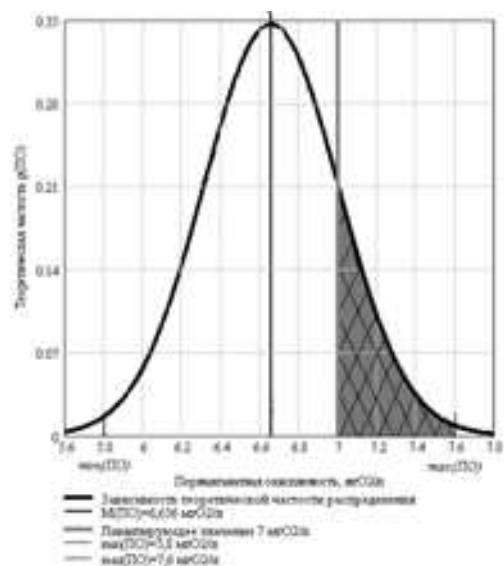


Рис. 3. Функции плотности распределения ПО для воды из Межгорного водохранилища, предельное значение  $ПО_{lim}=7 \text{ мгО}_2/\text{л}$

Условные обозначения



Область значений ПО, превышающих лимитирующее значение на уровне  $7 \text{ мгО}_2/\text{л}$

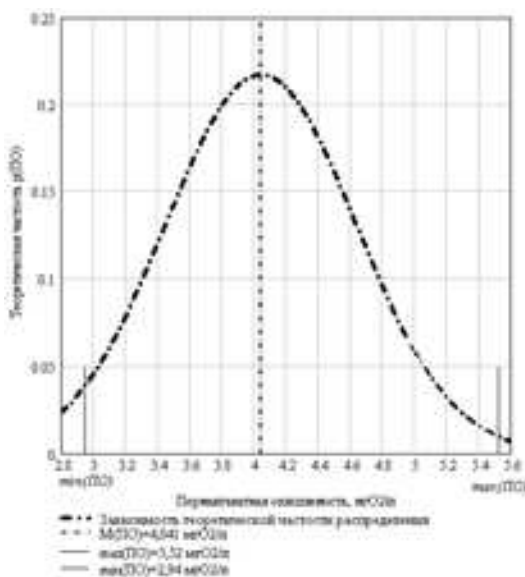


Рис. 4. Функции плотности распределения ПО для воды из Партизанского водохранилища

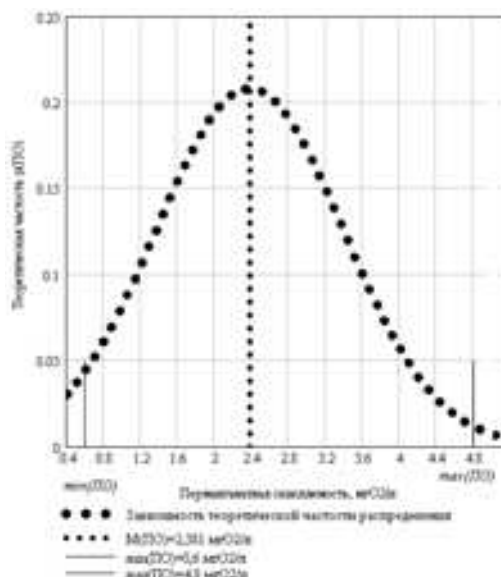


Рис. 5. Функции плотности распределения ПО для воды из РЧВ Аянского водохранилища

Таблица 2

Классификация качества воды поверхностных источников централизованного питьевого водоснабжения по ГОСТ 2761-84\*

Показатель	Класс качества		
	I	II	III
Перманганатная окисляемость, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	7	15	20

Таблица 3

Требования нормативных документов для питьевой воды

Показатель	Нормативный документ	
	СанПиН 2.1.4.10704-01	ВОЗ и ЕС
Перманганатная окисляемость, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	≤5	≤2

Таблица 4

Значения содержания перманганатной окисляемости в воде Межгорного водохранилища

Месяц	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Январь	6,4	6,6	6,6	7	7	7	6,4	6,4
Февраль	6,4	6,6	6,7	7	7	6,7	6,4	6,8
Март	6,6	6,7	6,7	7	6,8	6,7	6,3	6,4
Апрель	6,3	6,4	6,7	7,1	7	6,6	6,4	7,6
Май	6,4	6,4	6,7	7	7,2	6,5	6,3	7
Июнь	6,7	6,4	7	7	7,2	6,5	6	7
Июль	7,6	6,4	7	7,2	7	6,6	6	7
Август	7	6,5	7	7	7,3	6,6	6,3	7,12
Сентябрь	6,6	6,4	7,1	7,2	7	6,8	5,8	7
Октябрь	6,7	6,6	6,7	7,2	6,7	6,6	6	7,12
Ноябрь	6,4	6,5	6,8	7,1	6,8	6,5	6	7,12
Декабрь	7	6,8	6,8	7	7	6,4	6,4	7,1

Примечание. Данные центральной производственной лаборатории Симферопольского филиала ГУП РК «Вода Крыма».

Таблица 5

Сводная таблица результатов обработки значений ПО для четырех источников централизованного водоснабжения г. Симферополя

$ПО_{min}$	$ПО_{max}$	$M(ПО)$	$\sigma_{ПО}$	Закон распределения
Симферопольское водохранилище				
2	9	4,646	1,591	$f(ПО) = 0,219 \cdot \exp[-0,198 \cdot (ПО - 4,646)^2]$
Партизанское водохранилище				
2,94	5,52	4,041	0,592	$f(ПО) = 0,217 \cdot \exp[-1,43 \cdot (ПО - 4,041)^2]$
Межгорное водохранилище				
5,8	7,6	6,656	0,346	$f(ПО) = 0,346 \cdot \exp[-0,4167 \cdot (ПО - 6,656)^2]$
Аянское водохранилище				
0,6	4,8	2,381	1,009	$f(ПО) = 0,208 \cdot \exp[-0,491 \cdot (ПО - 2,381)^2]$

ванного водоснабжения г. Симферополя, представлено математическое ожидание для каждого распределения, а также указаны предельные значения для  $ПО_{lim}$ , соответствующие I классу по ГОСТ 2761-84\*. По аналитическим выражениям распределения построены кривые распределения значения ПО в источниках централизованного водоснабжения г. Симферополя.

Из рис. 2–5 следует, что значение теоретической частоты распределения содержания органических загрязнений Межгорного и Симферопольского водохранилищ превышает предельное значение для источника I класса ( $7 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ ). Содержание органических загрязнений для Партизанского и Аянского водохранилищ не превышает предельное значение.

Вероятности превышения предельного значения содержания органических веществ в воде Симферопольского и Межгорного водохранилищ составляют:

- для Симферопольского водохранилища – 6,94 %, что графически соответствует заштрихованной площади (рис. 2);

- для Межгорного водохранилища – 16,1 % (рис. 3).

Наибольшая вероятность превышения предельного значения содержания органических веществ соответствует воде из Межгорного водохранилища (16,1%). Аналогичный комплекс параметров был определен для воды из РЧВ, т. е. воды, прошедшей очистку на водопроводных очистных сооружениях.

Результаты расчетов по обработке значений органических загрязнений для очищенной воды четырех гидроузлов сведены в табл. 6.

На рис. 6 – 9 представлены плотности распределения содержания органических загрязнений для воды четырех гидроузлов г. Симферополя, а также указаны лимитирующие значения содержания органических веществ (стандарты ВОЗ, ЕС и СанПиН), соответственно  $ПО_{lim} = 2 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$  и  $ПО_{lim} = 5 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ .

Также была рассчитана вероятность превышения содержания органических загрязнений предельного значения ( $5 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ ) для воды:

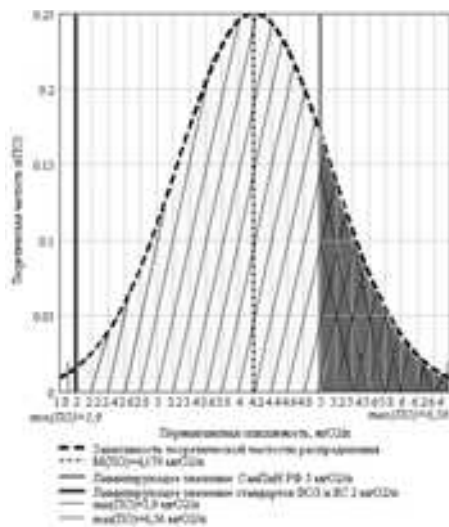


Рис. 6. Функции плотности распределения значений ПО для воды из РЧВ Симферопольского гидроузла, предельное значение ПО (стандарты ВОЗ, ЕС и СанПиН)

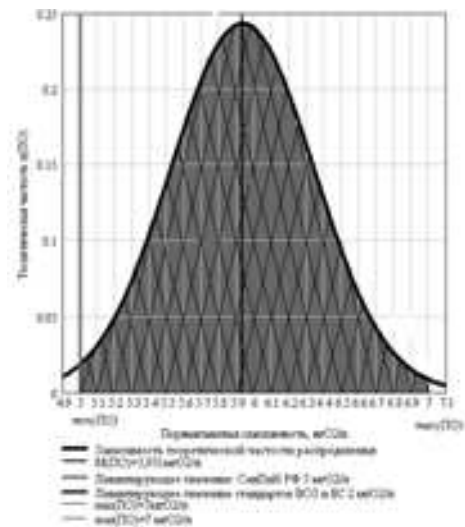


Рис. 7. Функции плотности распределения значений ПО для воды из РЧВ Межгорного гидроузла, предельное значение ПО (стандарты СанПиН)

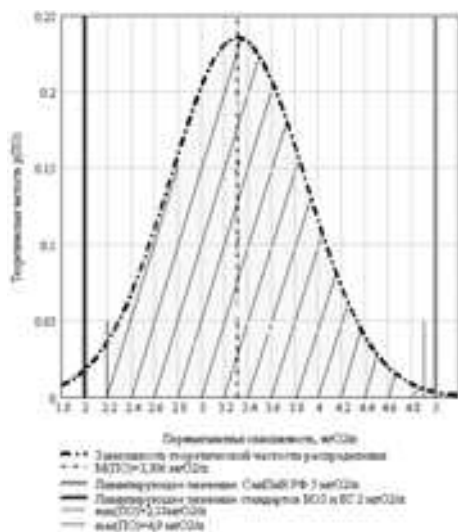


Рис. 8. Функции плотности распределения значений ПО для воды из РЧВ Партизанского гидроузла, предельное значение ПО (стандарты ВОЗ, ЕС и СанПиН)

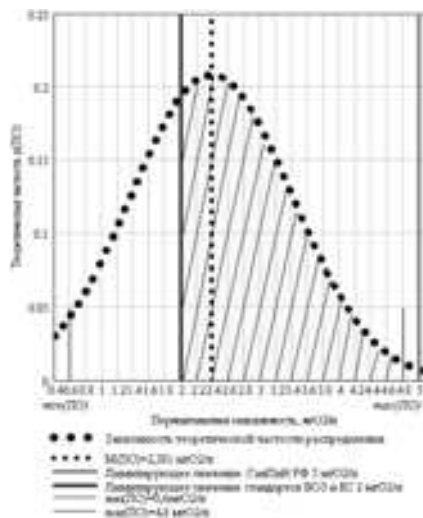


Рис. 9. Функции плотности распределения значений ПО для воды из Аянского водохранилища, предельное значение ПО (стандарты ВОЗ, ЕС и СанПиН)

Условные обозначения



Область значений ПО, в воде РЧВ, превышающих лимитирующее значение стандартов ВОЗ и ЕС на уровне 2 мгО<sub>2</sub>/л



Область значений ПО, в воде РЧВ, превышающих лимитирующее значение СанПиН РФ на уровне 4,9 мгО<sub>2</sub>/л

Таблица 6

Сводная таблица результатов обработки значений ПО для воды из четырех резервуаров чистой питьевой воды

ПО <sub>min</sub>	ПО <sub>max</sub>	M(ПО)	σ <sub>ПО</sub>	Закон распределения
Симферопольский гидроузел				
1,9	6,56	4,179	0,928	$f(PO) = 0,25 \cdot \exp[-0,581 \cdot (PO - 4,179)^2]$
Партизанский гидроузел				
2,18	4,9	3,306	0,577	$f(PO) = 0,235 \cdot \exp[-1,502 \cdot (PO - 3,306)^2]$
Межгорный гидроузел				
5	7	5,931	0,411	$f(PO) = 0,243 \cdot \exp[-2,959 \cdot (PO - 5,931)^2]$
Аянский гидроузел				
0,6	4,8	2,381	1,009	$f(PO) = 0,208 \cdot \exp[-0,491 \cdot (PO - 2,381)^2]$

- из РЧВ Симферопольского гидроузла – 18,8 %;
- из РЧВ Партизанского гидроузла – 0,17 %;
- из РЧВ Межгорного гидроузла – 98,8 %;
- из РЧВ Аянского гидроузла – 0,47 %.

Вероятность превышения значений органических соединений граничного значения на уровне 2 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> норм ВОЗ и ЕС составила для воды:

- из РЧВ Симферопольского гидроузла – 99,05 %;
- из РЧВ Партизанского гидроузла – 98,76 %;
- из РЧВ Межгорного гидроузла – 100 %;
- из РЧВ Аянского гидроузла – 64,72 %.

Если принять математическое ожидание концентрации органических загрязнений в воде РЧВ на

уровне 2 мгО<sub>2</sub>/л и математическое ожидание концентрации органических загрязнений в воде источника централизованного водоснабжения, которые были представлены в табл. 5 и на рис. 2 – 6, и найти процент снижения показателя ПО до значения 2 мгО<sub>2</sub>/л, тогда требуемая степень удаления органических загрязнений на водопроводных очистных сооружениях для обеспечения соответствия качества питьевой воды нормам ВОЗ и ЕС должна составлять: Симферопольские ВОС – 57 %; Партизанские ВОС – 51,25 %; Межгорные ВОС – 69,95 %.

Все результаты расчетов сведены в табл. 7.

Представленная методика определения эффективности работы ВОС по удалению органических

Таблица 7

Сводная таблица результатов обработки значений перманганатной окисляемости

Источник водоснабжения	Вероятность превышения предельного значения содержания перманганатной окисляемости			Существующая степень очистки по снижению перманганатной окисляемости ВОС, %	Требуемая степень очистки по перманганатной окисляемости ВОС, %
	по Г ОСТ 2761-84* (7 мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> ), %	по СанПиН 2.1.4.10704-01, (5 мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> ), %	по ВОЗ и ЕС (2 мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> ), %		
Симферопольское водохранилище	6,94				
Межгорное водохранилище	16,10				
РЧВ Симферопольского гидроузла		18,80	99,05	10,50	57,00
РЧВ Партизанского гидроузла		0,17	98,76	18,18	51,25
РЧВ Межгорного гидроузла		98,80	100,00	10,89	69,95
РЧВ Аянского гидроузла		0,47	64,72		

загрязнений, определенных по показателю ПО на примере г. Симферополя Республики Крым, может использоваться и для других объектов водоснабжения Российской Федерации и иных показателей загрязнений.

Анализ представленных данных позволяет говорить о необходимости повышения эффективности работы ВОС.

К методам, позволяющим удалять органические соединения и, как следствие, исключить возможность появления сложных хлорорганических соединений, относятся: введение в контактные камеры порошкообразных активированных углей; применение биоцидных реагентов; метод преаммонизации; метод электрокаталитической деструкции гуминовых кислот; предварительное окисление озоном и сорбция, комплексное использование различных окислителей и сорбция. Выбор того или иного метода определяется характеристикой качества воды, действующих схем обеззараживания на ВОС и конструктивных возможностей очистных станций.

Требований СанПиНа (5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) можно достичь при использовании устройства для очистки воды (рис. 9), принцип работы которого описан в [4], за счет применения сорбционного фильтра на основе активированного угля.

Для выполнения основных задач исследования в работе была использована установка для очистки природных вод, позволяющая очистить их от взвешенных веществ и органических загрязнений и, как следствие, исключающая возможность появления сложных хлорорганических соединений.

Проект установки выполнен в соответствии с патентом Украины [4]. Схема крупномасштабной фильтровальной установки (рис. 10) состоит из первой ступени, включающей в себя осветлитель-рециркулятор

осадка и слой плавающей пенополистирольной загрузки, и второй ступени – фильтровальной колонны, загруженной активированным углем марки АГ-3.

Установка для очистки воды (рис. 10) работает следующим образом. Очищаемая вода подается в корпус

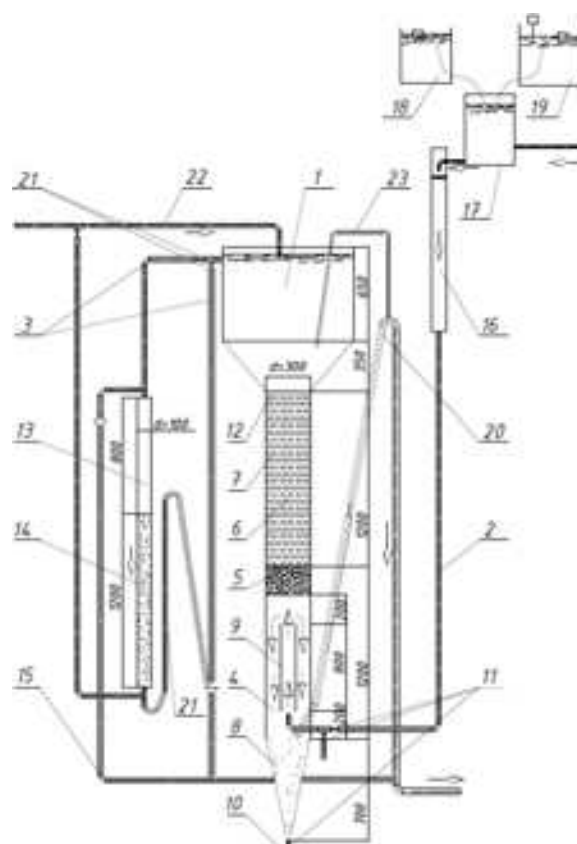


Рис. 10. Фильтровальная установка

установки 1 через трубопровод подачи воды 2. Также в трубопровод 2 дозируется коагулянт и по потребности – замутнитель (раствор бентонита). При прохождении воды через нижнюю камеру 4, при добавлении коагулянта, происходит образование скоагулированных частиц, которые благодаря прохождению через рециркулятор осадка 9 образуют слой взвешенного осадка 5. При прохождении воды сквозь плавающую грубозернистую загрузку 6 происходит окончательное очищение от загрязнений в верхней камере 7. Очищенная вода выходит из верхней камеры через трубопровод отвода очищенной воды 3 при открытии задвижки 11. Излишний осадок 5 из нижней камеры 4 для взвешенного осадка поступает в рециркулятор осадка 9, затем в сгуститель шлама 8 и удаляется из него при поступлении сигнала от пьезометров 12 и после открытия задвижки 11 на трубопроводе для отвода шлама 10 во время регенерации. Далее вода, очищенная от взвешенных веществ, по трубопроводу 3 поступает в фильтровальную колонну 13 и фильтруется через загрузку 14, затем отводится по трубопроводу 21 в сток. Подача воды на промывку загрузки осуществляется по трубопроводу 22. Промывка плавающей фильтрующей загрузки осуществляется при открытии задвижки 11 на сифоне 20.

Корпус установки выполнен из трубы круглого сечения D=300 мм и имеет общую высоту 4300 мм.

Высота плавающей фильтрующей загрузки 1200 мм, крупность зерен 1,5–3,0 мм. По высоте фильтрующего слоя в корпус врезаны штуцеры (dш=3 мм), к которым подключены пьезометры для контроля потерь напора в слоях загрузки. Для наблюдения за состоянием верхнего слоя загрузки и качеством ее промывки в корпусе предусмотрено окно из прозрачного пластика. Загрузка удерживается от всплытия сеткой. Выше загрузки расположен бак вместимостью 0,4 м<sup>3</sup> для сбора осветленной воды. Ниже фильтрующей загрузки в установке находится нижняя камера с осветлителем-рециркулятором осадка высотой 1200 мм.

Предварительно была проведена серия опытов на воде Межгорного и Симферопольского водохранилищ с различными коагулянтами: сернокислый алюминий Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·18H<sub>2</sub>O, хлорное железо FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O, сульфат окиси железа Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·2H<sub>2</sub>O, сульфат закиси железа FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, раствор гидроксихлорида алюминия Полвак-40 Al<sub>2</sub>(OH)<sub>n</sub>·Cl<sub>6-n</sub>, ПолиДАДМАХ; флокулянтами: полиакриламид, MagnaFloc LT27 с целью определения наиболее эффективных и оптимальных доз в статических условиях методом пробного коагулирования.

На установке была выполнена серия опытов реактентного фильтрования с предварительно выбранными коагулянтами: сернокислый алюминий, хлорное железо, Полвак-40. Результаты представлены в табл. 8.

Таблица 8

Технологические показатели очистки воды от взвешенных веществ на первой ступени установки

Продолжительность фильтроцикла, ч	Скорость фильтрования, м/ч	Доза реагента, мг/л	Исходная концентрация взвешенных веществ на входе в установку I ступени, мг/л	Концентрация взвешенных веществ до ФПЗ, мг/л	Конечная концентрация взвешенных веществ на выходе из установки, мг/л
При обработке коагулянтом сернокислый алюминий					
4	7	35	130	49	7
22	4,7	20	75	33	5,1
14	5,1	20	75	40	3,2
15	5,5	24	90	27	2,7
13	5,2	25,2	97	51	7,60
14	5,5	30	114	60	7
10	5,5	19,3	74	33	5,1
При обработке коагулянтом хлорное железо					
106	4,6	28,1	87	50	3,3
66	7,7	15,8	105	45	5
16	6,8	15,5	90	44	9,40
14	5,4	31	114	49	8,70
13	6,9	16	108	50	8,30
При обработке коагулянтом Полвак-40					
27	5,5	55,6	123	56	3,4
40	7,6	60,3	80	37	4,7
16	6,1	58	67	35	5,30
14	6,7	64	96	52	7,50
15	6	63	121	69	4,80

Проанализировав данные табл. 9, можно заключить следующее: продолжительность фильтроцикла изменялась в диапазоне  $t=4-22$  ч, скорость фильтрования  $v_f=4,7-7$  м/ч, доза реагента  $d=19,3-35$  мг/дм<sup>3</sup>; исходная концентрация взвешенных веществ  $C_0=74-130$  мг/дм<sup>3</sup>, концентрация взвешенных веществ до ФПЗ,  $C_p=27-60$  мг/дм<sup>3</sup>; для коагулянта хлорное железо:  $t=13-106$  ч,  $v_f=4,6-7,7$  м/ч,  $d=16-31$  мг/дм<sup>3</sup>;  $C_0=87-114$  мг/дм<sup>3</sup>,  $C_p=44-50$  мг/дм<sup>3</sup>; для коагулянта Полвак-40:  $t=14-27$  ч,  $v=5,5-7,6$  м/ч,  $d=55,6-64$  мг/дм<sup>3</sup>;  $C_0=67-123$  мг/дм<sup>3</sup>,  $C_p=35-69$  мг/дм<sup>3</sup>. Конечная концентрация взвешенных веществ на выходе из фильтрующей части установки при применении коагулянта сернокислый алюминий находится в диапазоне  $C=3,2-8,3$  мг/дм<sup>3</sup>, хлорное железо –  $C=3,3-9,4$  мг/дм<sup>3</sup>, для коагулянта Полвак –  $C=3,4-7,5$  мг/дм<sup>3</sup>.

Далее представлены результаты экспериментов на установке с применением высокомолекулярного

коагулянта «ПолиДАДМАХ», который имеет молекулярную массу от 10 тыс. до 1 млн., характеризуется высоким катионным зарядом и невысокими дозами относительно неорганических коагулянтов. Реагент «ПолиДАДМАХ» получил широкое распространение в химической промышленности и на водопроводах Российской Федерации. Результаты исследований реagentного фильтрования с применением данного коагулянта на установке приведены в табл. 9.

Проанализировав данные табл. 9, можно сделать вывод о том, что в серии опытов при использовании коагулянта «ПолиДАДМАХ» продолжительность фильтроцикла изменялась в диапазоне  $t=11-23$  ч, скорость  $v_{\phi}=4,1-7,6$  м/ч, доза реагента  $d=0,01-0,13$  мг/л; исходная концентрация взвешенных веществ  $C_0=8,5-20$  мг/л, конечная концентрация взвешенных веществ  $C=0,7-3,25$  мг/л.

Таблица 9

Технологические показатели очистки воды от взвешенных веществ в фильтровальной установке с применением коагулянта «ПолиДАДМАХ»

Продолжительность фильтроцикла, ч	Скорость фильтрования, м/ч	Доза реагента, мг/л	Исходная концентрация взвешенных веществ, мг/л	Остаточная концентрация взвешенных веществ, мг/л
11	6,8	0,1	15	1,8
12	6,4	0,1	16	1,4
13	6,4	0,09	14	1,5
14	6,8	0,09	18	1,5
15	6,6	0,08	13	1,4
16	6,7	0,08	18	1,4
17	6,7	0,08	17	1,3
18	6,5	0,08	17	1,2
11	4,6	0,04	20	0,7
12	4,2	0,05	20	0,9
14	4,3	0,08	18	1,2
16	4,3	0,08	15	1,1
18	4,2	0,09	20	1,1
20	4,1	0,08	17	1
22	4,2	0,08	18	1
23	4,33	0,07	15	0,9
10	6,8	0,01	17	1,5
12	6,8	0,09	18	1,5
14	6,7	0,09	17	1,4
16	6,6	0,1	19	1,2
18	6,8	0,08	18	1,4
20	6,8	0,09	17	1,2
22	6,9	0,08	9	1,2
13	7,5	0,11	8,5	3,25
14	7,6	0,13	9	2,75
16	7,5	0,11	9,2	4,5
19	7,4	0,1	9,5	3
21	7,5	0,11	9	2,25



Результаты по удалению органических загрязнений в первой ступени установки (осветлитель-рециркулятор установки и плавающая фильтрующая загрузка) и второй ступени (сорбционная колонна) представлены в табл. 10 с применением коагулянта «ПолиДАДМАХ».

Проанализировав данные табл. 10, можно сделать вывод о том, что в серии опытов при использовании коагулянта «ПолиДАДМАХ» продолжительность фильтроцикла изменялась в диапазоне  $t=4-22$  ч, скорость фильтрования  $v=4-6,9$  м/ч, доза реагента  $d=0,071-0,162$  мг/л, исходное содержание органических веществ по показателю перманганатная окисляемость  $ПО_0=6,4-6,7$  мгО<sub>2</sub>/л, содержание органических веществ по показателю перманганатная

окисляемость после установки I ступени  $ПО_I=5,2-5,6$  мгО<sub>2</sub>/л, содержание органических веществ по показателю перманганатная окисляемость после сорбционного фильтра – II ступень  $ПО_{II}=3,1-4,35$  мгО<sub>2</sub>/л, эффект очистки на I ступени –  $\mathcal{E}=13,8-34,3$  %, суммарный эффект очистки на двух ступенях  $\mathcal{E}=32-54,9$  %.

Примерно половина очистки от органических веществ приходится на I ступень, включающую в себя рециркулятор-осветлитель и плавающую фильтрующую загрузку.

Представленная технология является одной из доступных технологий, которая может быть реализована в условиях Республики Крым с использованием технологических сооружений существующих ВОС.

Таблица 10

Технологические показатели очистки воды от органических веществ в установке с применением коагулянта «ПолиДАДМАХ»

Показатель	Номер фильтроцикла						
	1	2	3	4	5	6	7
Скорость фильтрования в сорбционном фильтре, м/ч	6,9	4,0	4,0	4,0	5,03	5,10	4,06
Производительность установки, м <sup>3</sup> /ч	0,08	0,045	0,045	0,045	0,06	0,057	0,046
ПО на входе в фильтровальную установку, мгО <sub>2</sub> /л	6,4	6,5	6,5	6,7	6,55	6,43	6,57
ПО на входе в сорбционный фильтр, мгО <sub>2</sub> /л	5,5	5,6	5,6	4,4	5,2	4,6	5,2
Остаточная ПО в фильтрате (на выходе из сорбционного фильтра), мгО <sub>2</sub> /л	4,35	3,63	3,58	3,58	3,2	2,90	3,10
Доза коагулянта, мг/л	0,109	0,110	0,162	0,087	0,118	0,071	0,079
Эффект очистки по ПО в рециркуляторе + плавающая фильтрующая загрузка (I ступень очистки), %	14	13,8	13,8	34,3	20,6	28,5	20,9
Общий эффект очистки, %	32	44,2	44,9	46,6	51,14	54,9	52,8

**Выводы.** 1. Выявлено, что значения вероятности распределения содержания органических соединений в воде Межгорного и Симферопольского водохранилищ превышают норматив граничной концентрации органических веществ в воде (ГОСТ 2761-84\*) источников централизованного водоснабжения на 16,1 и 6,94 % соответственно. Наибольшая концентрация органических веществ находится в воде Межгорного водохранилища, воды которого были подвергнуты наибольшему антропогенному воздействию.

2. Определено, что вероятность превышения граничного значения содержания органических загрязнений в воде (СанПиН 2.1.4.10704-01), прошедшей очистку на водопроводных очистных сооружениях, составляет: для воды из РЧВ Симферопольского гидроузла – 18,8 %; Партизанского гидроузла – 0,17 %; Межгорного гидроузла – 98,8 %; Аянского гидроузла – 0,47%. Оценена вероятность предельного значения нормативов ВОЗ и ЕС содержания органических загрязнений.

3. Барьерная способность водопроводных очистных сооружений относительно органических загрязнений составляет: Симферопольские ВОС – 10,05 %;

Партизанские ВОС – 18,19 %; Межгорные ВОС – 10,89 %. Для достижения степени очистки, обеспечивающей существующие требования в Российской Федерации, необходима доочистка на сорбционных фильтрах.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хлор- и броморганические соединения в питьевой воде: методы их удаления / В.Н. Швецов, К.М. Морозов, Л.Н. Фесенко, А.Ю. Скрябин, А.И. Вергунов // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. №2. С.30–35.
2. Чеботарева Р.Д., Баштан С.Ю., Гончарук В.В. Электрокалитическая деструкция гуминовых кислот в процессах водоподготовки // Химия и технология воды. 2001. №5. С. 501–509.
3. Драгинский В.Л. Обеспечение качества питьевой воды в свете новых нормативных требований // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. №9. С. 21–26.
4. Подготовка артезианской воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения / П.Г. Быкова, А.К. Стрелков, Ж.В. Занина, В.В. Васильев, О.В. Цабилев // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 9-2. С. 34–39.

5. Исследование возможности очистки маломутных вод в условиях НФС-1 г. Самары / Ю.А. Егорова, В.Н. Ерчев, В.А. Дударев, А.К. Стрелков, В.И. Кичигин, П.Г. Быкова // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 9-2. С. 40-44.
6. *Кульский Л.А.* Теоретические основы и технология кондиционирования воды. К.: Наукова думка, 1980. 564 с.
7. Состояние источника централизованного водоснабжения и его влияние на качество питьевой воды / В.В. Гончарук, Н.А. Клименко, В.Ф. Скубченко, В.В. Медведовский // Химия и технология воды. 2005. №6. С. 559 - 589.
8. *Кантор Л.И., Харабрин А.В.* Количественная оценка эффективности водоподготовки по показателю окисляемости // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. №4. С. 41—44.
9. *Родина А.О.* Обоснование расчетных показателей качества поверхностных вод при выборе водоочистных технологий с применением теории риска: автореф. дис. ... к.т.н. Вологда, 2004. 19 с.
10. Руководство по контролю качества питьевой воды: рекомендации. Женева: ВОЗ, 1994. Т1. 255 с.
11. Directive 2000/60/ES of the European Parliament and the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Commute action in the field of water policy // Official Journal of the European Communities 22.12.2000, EN, L, 327/1.

Об авторах:

**СТРЕЛКОВ Александр Кузьмич**

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет  
Архитектурно-строительный институт  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (846)339-14-11  
E-mail: a19400209@ya.ru

**STRELKOV Alexandr K.**

Doctor of Engineering Science, Professor, Head of the Water Supply and Wastewater Chair  
Samara State Technical University  
Institute of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. (846)339-14-11  
E-mail: a19400209@ya.ru

**КОТОВСКАЯ Елена Евгеньевна**

старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и санитарной техники Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского  
Академия строительства и архитектуры  
295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181  
E-mail: energia-09@mail.ru

**KOTOVSKAYA Elena Ye.**

Senior Lecturer of the Water Supply, Wastewater and Sanitary Engineering  
Crimean Federal University  
Academy of Construction and Architecture  
295493, Russia, Republic of Crimea, Simferopol, Kievskaya str., 181  
E-mail: energia-09@mail.ru

**ТЕПЛЫХ Светлана Юрьевна**

кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет  
Архитектурно-строительный институт  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (846)339-14-11  
E-mail: kafvv@mail.ru

**TEPLYKH Svetlana Yu.**

PhD in Engineering, Associate Professor of the Water Supply and Wastewater Chair  
Samara State Technical University  
Institute of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. (846)339-14-11  
E-mail: kafvv@mail.ru

Для цитирования: *Стрелков А.К., Котовская Е.Е., Теплых С.Ю.* Определение эффективности очистки воды поверхностных источников централизованного водоснабжения от органических загрязнений на примере г. Симферополя // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 35-45. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.7.  
For citation: *Strelkov A.K., Kotovskaya E.E., Teplykh S.Yu.* Surface sources of centralized Drinking water supply: their purification from biocontamination and purification efficiency determination (with the city of Simferopol taken as an example) // Urban Construction and Architecture. 2017. V.7, 3. Pp. 35-45. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.7.

А. С. БАРАНОВ

## ПРОЧНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МЕЛКОШТУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ГИПЕРПРЕССОВАННОГО ФИБРОБЕТОНА

STRENGTH AND DURABILITY OF SMALL PIECE PRODUCTS MADE FROM FIBRE REINFORCED CONCRETE

Изучено влияние рецептурно-технологических факторов на прочность и долговечность гиперпрессованного бетона. Впервые теоретически обосновано и экспериментально подтверждено влияние величины деформации упругого последействия на прочность и долговечность гиперпрессованного бетона. Выявлено, что армирование высокомодульными волокнами приводит к минимизации влияния деформации упругого последействия на прочность гиперпрессованного бетона. Установлено, что комплексное применение базальтовых волокон и суперпластификатора С-3 в гиперпрессованных бетонах позволит снизить величину деформации упругого последействия до 25 % и получить материал с маркой по морозостойкости  $F_{1,400}$  и выше.

**Ключевые слова:** интенсивность прессования, высокомодульные волокна, суперпластификатор С-3, прочность при сжатии, прочность на растяжение при раскалывании, морозостойкость, долговечность

В условиях современного строительства к мелкоштучным изделиям предъявляются повышенные требования по прочности и долговечности. В настоящее время большое распространение в производстве некоторых из них получила технология формования бетона гиперпрессованием. Широкое распространение данной технологии сдерживается отсутствием достаточного количества исследований влияния гиперпрессования на прочность и долговечность бетона.

Особенность гиперпрессованного бетона заключается в проявлении деформаций, возникающих в момент снятия давления прессования, способствующих снижению прочности и долговечности изделий из гиперпрессованного бетона [1–4].

С целью снижения влияния деформации упругого последействия на прочность и долговечность гиперпрессованного бетона предлагается применение пластифицирующей добавки и армирование высокомодульными (базальтовыми) волокнами. Предполагается, что применение пластифицирующей добавки позволит снизить напряжение в растворе бетона за счет уменьшения величины водоцементного отношения. А высокомодульные волокна, нормально ориентированные к растягивающим

*This research studies effects of technology factors on strength and durability of fibre reinforced concrete. It theoretically proves the influence of elastic aftereffect deformation values on fibre reinforced concrete strength and durability. The paper proves that high-modulus fiber reinforcement leads to lowering the effects of the influence of elastic aftereffect deformation on fibre reinforced concrete strength and durability. It also demonstrates that basalt fibre and superplasticizing admixture C-3 integrated use in fibre reinforced concrete reduces the deformation value of elastic aftereffect to 25% and makes it possible to obtain a material with  $F_{1,400}$  and above frost resistance properties.*

**Keywords:** compaction force, high-modulus fiber, superplasticizing admixture C-3, compression strength, tension breaking strength at cracking, frost hardness, durability

напряжениям, будут воспринимать их, что позволит значительно повысить прочность гиперпрессованного бетона [5]. Однако изучению комплексного воздействия дисперсного армирования и пластифицирующей добавки на свойства гиперпрессованного бетона до настоящего времени должного внимания не уделялось.

Предполагается, что с ростом интенсивности гиперпрессования происходит повышение величины деформации упругого последействия. В подтверждение вышесказанному были выполнены экспериментальные исследования по изучению влияния деформации упругого последействия на прочность на растяжение при раскалывании гиперпрессованного бетона.



Рис. 1. Форма для изготовления образцов из гиперпрессованного бетона

Для изготовления образцов использовались специальные формы высотой 7 см и диаметром 5 см, позволяющие моделировать формование изделий гиперпрессованием (рис. 1).

В качестве вяжущего принят портландцемент марки ЦЕМ II/A-K (Ш-П) 32,5Б. Величина водоцементного отношения – 0,4. Состав бетона: портландцемент – 500 кг/м<sup>3</sup>, вода – 200 кг/м<sup>3</sup>, песок (модуль крупности 2,6) – 560 кг/м<sup>3</sup>, щебень (фракция до 10 мм) – 1200 кг/м<sup>3</sup>. Режим гиперпрессования был принят таким, который используется при изготовлении мелкоштучных изделий: кратковременное гиперпрессование продолжительностью не более 15 с, интенсивностью 6, 12 и 24 МПа. Для сопоставления изготовлены контрольные образцы, не подвергнутые гиперпрессованию, уплотненные вибрированием продолжительностью 15 с. После изготовления образцы помещались во влажную среду и по истечении срока твердения в 28 суток подвергались испытанию на растяжение при раскалывании.

Как показали данные экспериментальных исследований (рис. 2, табл. 1), при интенсивности прессования свыше 12 МПа наблюдается значительное снижение прочности на растяжение при раскалывании гиперпрессованного бетона. Прежде всего это следует связывать с деформацией упругого последствия и снижением плотности бетона в результате разуплотнения и увеличения в объеме уже запрессованного образца.

В подтверждение вышесказанному были проведены экспериментальные исследования зависимости величины деформации упругого последствия от интенсивности гиперпрессования (рис. 3). Перед снятием давления прессования съемный поршень-крышка фиксировался через специальные отверстия тягами. Ослабляя тяги, при сбросе давления прессования индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм, установленный на центр сверху поршня-крышки, фиксировал перемещения поршня. Данные перемещения и есть деформации упругого последствия.

Так, величина деформаций составила: при интенсивности гиперпрессования 6 МПа – 0,15-0,18 мм; 12 МПа – 0,3-0,32 мм, 24 МПа – 0,39-0,42 мм. Нетрудно сопоставить, что рост деформаций упругого последствия пропорционален интенсивности гиперпрессования.

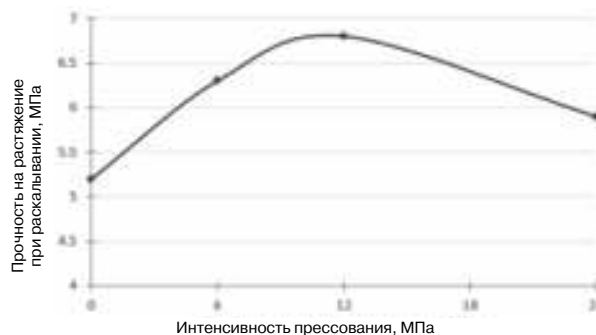


Рис. 2. Влияние упругого последствия на прочность гиперпрессованного бетона на растяжение при раскалывании



Рис. 3. Измерение величины упругого последствия: 1 – пресс-форма; 2 – крышка-поршень; 3 – фиксирующие болты; 4 – индикатор часового типа

Дисперсное армирование же способствует уменьшению влияния деформации упругого последствия на прочность гиперпрессованного бетона.

Для дисперсного армирования применяются базальтовые волокна диаметром 13–17 мкм и длиной 6–18 мм фирмы ООО «НПО Вулкан», их расход составляет 1,5 и 3 % от массы цемента.

Как показали результаты экспериментальных исследований (рис. 4), в гиперпрессованных бетонах, уплотненных с интенсивностью свыше 12 МПа при армировании их высокомодульными волокнами, наблюдается сглаживание эффекта разуплотнения и отсутствие потери прочности при высокой интенсивности прессования. Величина упругого последствия в гиперпрессованном фибробетоне

Зависимость прочности и плотности гиперпрессованного бетона на растяжение при раскалывании от интенсивности гиперпрессования

Таблица 1

Марка цемента	Давление гиперпрессования, МПа	Прочность, МПа / плотность образца, г/см <sup>3</sup>
ЦЕМ II/A-K (Ш-П) 32,5Б	0	5,2/2,46
	6	6,3/2,511
	12	6,8/2,528
	24	5,9/2,51

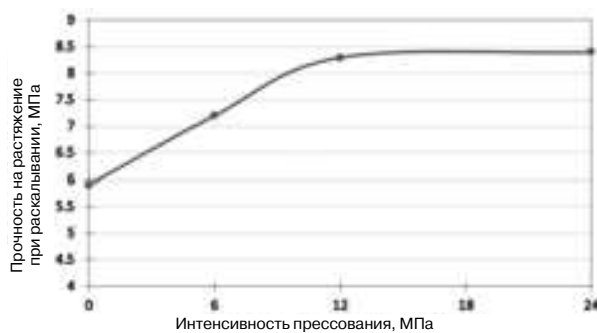


Рис. 4. Влияние упругого последдействия на прочность на растяжение при раскалывании гиперпрессованного бетона

уменьшилась и составила: при интенсивности прессования 6 МПа – 0,13-0,16 мм, 12 МПа – 0,26-0,29 мм, 24 МПа – 0,34-0,37 мм. Прежде всего это следует связывать с ростом начальной прочности бетона при его дисперсном армировании [6]. Фибра в данном случае играет роль «подложки», на границе которой происходит ускоренное структурообразование [7].

Кроме того, наблюдалось увеличение плотности бетона. Известно, что базальтовые волокна вступают в химическое взаимодействие с растворной частью с частичным их разрушением [8]. При этом реакция имеет затухающий характер, структурные образования на границе фибры будут препятствовать ее разрушению и тем самым способствовать увеличению плотности гиперпрессованных бетонов.

Применение пластифицирующей добавки позволяет минимизировать напряжение внутри бетонной смеси за счет уменьшения величины водоцемент-

ного отношения и тем самым способствует дальнейшему снижению величины деформации упругого последствия. В качестве пластифицирующей добавки используется суперпластификатор С-3 в количестве 0,5 и 1 % от расхода цемента. Одновременно при введении С-3 в количестве 0,5 % снижается расход воды затворения на 10 % ( $V/C=0,36$ ), а при введении С-3 в количестве 1 % – на 20 % ( $V/C=0,32$ ).

Так, при расходе фибры и добавки 1,5 + 0,5 % и интенсивности прессования 6 МПа величина деформаций составила 0,11-0,14 мм, 12 МПа – 0,24-0,26 мм, 24 МПа – 0,32-0,35 мм; при дозировке 3 + 1 % и интенсивности 6 МПа – 0,08-0,1 мм, 12 МПа – 0,19-0,22 мм, 24 МПа – 0,26-0,3 мм. Тем самым комплексное применение пластифицирующей добавки и дисперсного армирования позволяет снизить величину деформации упругого последствия на 15 – 25 %. Такое снижение влияния деформации упругого последствия на прочность гиперпрессованного бетона при дисперсном армировании и применении суперпластификатора С-3 не могло не отразиться на его долговечности (морозостойкости).

В соответствии с ГОСТ 10060-2012 исследование морозостойкости гиперпрессованного бетона проводится по ускоренному методу (метод второй).

Установленные опытные данные показали, что при попеременном замораживании и оттаивании наблюдалось снижение прочности гиперпрессованного фибробетона при малых давлениях прессования с расходом волокон 1,5 % от расхода цемента (табл. 2). При интенсивности гиперпрессования 24 МПа в гиперпрессованном фибробетоне имелись тенденции к увеличению прочности относительно контрольных образцов.

Таблица 2

Изменение прочности образцов из гиперпрессованного фибробетона при попеременном замораживании-оттаивании

Давление гиперпрессования, МПа	Кол-во фибры, %	Средняя прочность, МПа		Нижняя граница доверительного интервала, МПа		Изменение прочности, %
		контр. образцы	основ. образцы	контр. образцы	основ. образцы	
0	0	28,2	25,6	21	18,7	-11
6		32,7	31,14	31,7	26	-18
12		38,5	38,8	37,1	36,1	-2,7
24		39,4	40,16	37,2	36,6	-1,6
0	1,5	33,1	31,33	29,5	20,7	-29,9
6		41,8	40,84	40,2	35	-13
12		45,3	44,4	44,2	38,2	-13,6
24		49,6	51,41	48,6	48,8	+0,5
0	3	29,8	27,65	27,6	21,9	-20,7
6		36,47	38,9	35,6	35,7	+0,2
12		40,8	42,8	39,5	37,6	-4,9
24		48,8	50,44	40,7	42,7	+5

**Вывод.** Комплексное применение базальтовых волокон и суперпластификатора С-3 в гиперпресованных бетонах позволяет активно влиять на уменьшение деформации упругого последействия, увеличение не только их прочности, но и долговечности (морозостойкости) и получить материал с маркой по морозостойкости F<sub>1</sub>400 и выше.

8. Новицкий А.Г., Ефремов М.В. Использование базальтовой фибры для армирования бетонов // Доклады X Всероссийской научно-практической конференции (г. Белокуриха). М.: ЦЭИ «Химмаш», 2010. С.12-13.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. М.: Стройиздат, 1981. 464 с.
2. Баженов Ю. М. Технология бетона. М.: Издательство АСВ, 2002. 500 с.
3. Саталкин А.В. Исследование свойств пресованного бетона. М.: Союзстрой, 1938. 38 с.
4. Сеськин И.Е. Влияние технологии уплотнения бетона прессованием на работу конструкций: монография. Самара: СамГУПС, 2006. 227 с.
5. Баранов А.С., Баранов А.С., Власова С.Е. Влияние режима прессования на структуру и прочность цементного камня // Наука и образование транспорту: материалы IX Международной научно-практической конференции. Самара: СамГУПС, 2016. С.196-198.
6. Сеськин И.Е., Баранов А.С. Прочность пресованного фибробетона // Строительные материалы. 2012. №10. С.72-73.
7. Пухаренко Ю.В. Принципы формирования структуры и прогнозирования прочности фибробетонов // Строительные материалы. 2004. №10. С. 47-51.

Об авторе:

**БАРАНОВ Александр Сергеевич**  
заведующий лабораториями кафедры строительства Самарский государственный университет путей сообщения  
443066, Россия, г. Самара, 1-й Безымянный пер., 18  
E-mail: geleont@mail.ru

**BARANOV Alexandr S.**  
Head of Laboratory of the Construction Chair  
Samara State Transport University  
443066, Russia, Samara, 1st Bezymyznny court, 18  
E-mail: geleont@mail.ru

Для цитирования: Баранов А.С. Прочность и долговечность мелкоштучных изделий из гиперпресованного фибробетона // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 46-49. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.8.  
For citation: Baranov A.S. Strength and durability of small piece products made from fibre reinforced concrete // Urban Construction and architecture. 2017. V. 7, 3. Pp. 46-49. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.8.

Т.В. ШЕИНА  
Е.А. АВДЕЕВА

## ГАБИОННЫЕ И АРМОГРУНТОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ

### GABION AND REINFORCED GROUND STRUCTURES

*Рассматривается мировая практика применения габрионных конструкций за период более 100 лет. Показано широкое применение различных габрионных ёмкостей для решения большого спектра задач дорожного строительства. Отмечено, что использование габрионных конструкций является одним из высокоэффективных и универсальных способов не только укрепления склонов, откосов насыпей и выемок, но и усиления, стабилизации и защиты эксплуатируемого земляного полотна, а также устройства подмостовых конусов, опор мостов, регуляционных дамб, водоотводных сооружений. Рассмотрен ряд преимуществ габрионных конструкций. Приведены наиболее распространенные габрионные конструкции, применяемые в настоящее время в дорожной отрасли.*

**Ключевые слова:** конструкции габрионные, сетки проволочные крученые с шестиугольными ячейками, сварные сетки, параметры и размеры сеток, технические требования, армогрунтовые конструкции, подпорные стенки, откосы

Габрионы применяли с XVII в. в оборонительных сооружениях и фортовых укреплениях с целью защиты от снарядов в сражениях. Россия с этой же целью использовала габрионы в Русско-Турецкой и Крымской войнах. С XIX в. габрионами стали стабилизировать грунты. В Италии до наших дней сохранились и полностью вписались в ландшафт габрионы, которые использовались в 1894 г. для укрепления берегов реки Рено и защиты населения от наводнения.

Изначально как каменно-хворостяные фашины в России их применяли в 1930-1940-е гг., а затем до 60-х гг. с помощью габрионных конструкций регулировали русла рек и проводили селезащиту [1]. В 70-х гг. информация о них практически отсутствует в технической литературе, и лишь открытие в Москве в 1994 г. представительства компании «Макаферри» дало новый импульс в развитии габрионных технологий.

Конструктивно габрионы – это объемные ящики из металлической сетки, предназначенные для заполнения каменным или другим нерудным материалом в зависимости от конструкции и типа габриона.

В течение времени происходит аккумуляция частиц грунта, ила или листвы, которые, выполняя связующую роль, повышают прочность самого габриона, а также процесс консолидации грунта в местах возведения габрионных конструкций и улучшение его физических свойств. В дальнейшем сооружение в це-

*In world practice, gabion structures are used more than 100 years. The on-currently a variety of gabion containers are widely used for a wide-range of applications of road construction. Years of experience shows that the utilization of the gabion structures is one of the highly effective and versatile way not only to strengthen the slopes, slopes of embankments and depressions, but also strengthening, stabilization and protection of exploited subgrade and devices podmostovyyh cones, bridge supports, regulatory dams, drainage facilities.*

**Keywords:** gabion construction, wire mesh twisted hexagonal mesh, welded wire mesh, mesh parameters and dimensions, specifications, armogruntovye construction, retaining walls, slopes

лом приобретает фактически неограниченный срок службы и максимальную устойчивость [1–3].

Габрионные конструкции характеризуются рядом преимуществ. Габрионные структуры, благодаря наличию металлической сетки, реагируя небольшими прогибами, воспринимают осадки грунта и, как следствие, не разрушаются, продолжая выполнять свои основные функции. Как класс гибких сооружений, конструкции из габрионов более экономичны – экономия средств от 10 до 50 %, чем жесткие и полужесткие инженерные защиты территорий от разных типов эрозии грунтов. Дренажная структура сооружений исключает возникновение гидростатических нагрузок [2, 4]. С годами возрастает эффективность габрионных конструкций благодаря восстановлению и оздоровлению ландшафтов, в результате роста растительности и, как следствие, в зоне их возведения естественного экологического равновесия. Габрионы могут быть установлены как в воде, так и в сухом месте, не требуют устройства дренажных систем, специальной техники и объемных работ в процессе подготовки оснований сооружений [2, 5, 6].

Наиболее распространенные габрионные конструкции, применяемые в настоящее время в дорожной отрасли, приведены в табл. 1.

Матрацы Касторо – это разновидность матрацев Рено™, но со сдвоенными диафрагмами, которые

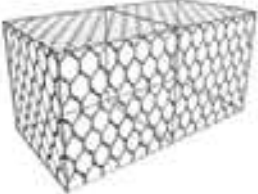



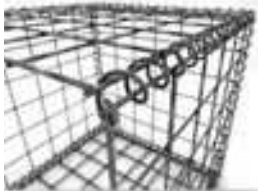
с базой конструкции выполнены из единого полотна сетки с ячейкой С60 по технологии «Касторо» [2, 6, 7].

Габионные конструкции фирмы Betafence состоят из сварных панелей с защитным цинковым или полимерным покрытием, которые собирают в прочные ящики с помощью проволоочных спиральных пружин или скоб. Внутреннее пространство

последних разделено на секции с целью снижения деформации сетчатыми диафрагмами, в случае крупногабаритных контейнеров, или тросами-расчалками. Такие конструкции прочные, экологичные, легко устанавливаются, а проницаемость позволяет им слиться с природным ландшафтом, повышая их надежность [1, 8–11].

Таблица 1

Типы габионных конструкций, область применения и маркировка

Изображение	Виды габионов, область применения	Маркировка	Размеры, м
	Коробчатые: - подпорные стены - армирование строительных насыпей при прокладке автотрасс и ж.-д. путей - стабилизация и консервация слабого и сыпучего грунта Устойчивы к воде, деформациям и перепадам температур	К	До 1,0×1,0×до 4,0
	Матрацы Рено и Касторо (матрасно-тюфячные): - укрепление пологих склонов - берегоукрепление и армирование мостовых конусов - укрепление оснований под установку габионов Возможно применение в болотистой местности, на обводненных грунтах	М	0,17;0,23;0,30×2,0×до 6,0
	Джамбо (матрасно-тюфячные): - подпорные стены - в основании подпорных стенок из габионов - для крепления конусов мостов Устойчивы к воде, деформациям и перепадам температур	М	0,5×2,0×до 6,0
	С армирующей поверхностью: - укрепление пологих склонов - укрепление оснований под установку габионов - закрепление нестабильных поверхностей - укрепление горных участков автомагистралей Возможно применение в болотистой местности, на обводненных грунтах	КА	До 5,0х2,0хдо 1,0
	Сварные габионы фирмы Betafence: - подпорные стены на различных основаниях - укрепление естественных склонов и откосов - укрепление искусственных насыпей в дорожном строительстве		До 1,0хдо 2,0хдо 6,0



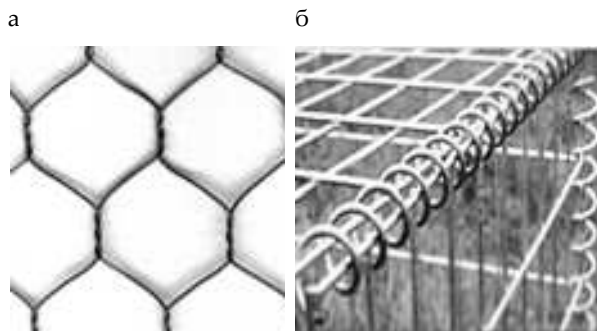


Рис.1. Сетки для габионов:  
а – крученая; б – сварная

Сетки для габионов изготавливаются двух видов: проволочные крученые с шестиугольными ячейками и сварные (рис.1, 2).

Для изготовления габионных конструкций применяются сетки с шестиугольными ячейками №60, №80 или №100, свитые из проволоки двойного кручения с тремя минимальными количествами скруток. Для изготовления сетки применяют низкоуглеродистую термически обработанную проволоку (Ст0, Ст1, Ст2 и Ст3-кп, -пс, -сп, Ст3Г-пс, -сп) или катанку класса II. Используют несколько систем антикоррозионных покрытий сетки: первый вариант – цинк или Гальфан (сплав цинка – 95 %, алюминия – 5 % и мисметалла из сплава редкоземельных металлов с преобладанием церия и лантана – 0,05 %); второй вариант – цинк и дополнительный слой поливинилхлоридного пластика марки И50-13, третий – с дополнительным покрытием полиэтилена марки ПЭ 805-275. Тип покрытия определяют в зависимости от диаметра проволоки, номера сетки, например, для сетки № 60 это покрытие: цинк, гальфан или цинк с покрытием ПВХ [7, 12–16].

Для заполнения габионных конструкций используют: гранит и базальт, кварцит, известняк и мрамор, диорит, крупную гальку и травертин, с размером камней для «сухопутных» контейнеров, превышающих ячейку габиона на 30 %, а для подводных сооружений – на 50 %. При этом марка камня по прочности должна быть в пределах 400–1000 кг/см<sup>2</sup>, морозостойкость – от 200–300 F, водостойкость – потеря массы не ниже 0,6 %, плотность – более 1750 кг/м<sup>3</sup>.

Долговечность габионных сооружений напрямую связана с оценкой внутренних напряжений в грунтах и внешних нагрузок среды [18, 20–22].

Среди фирм производителей габионных конструкций в России можно отметить: ООО «Кронос – Челябинск», Челябинск; компания «Геофаст», Москва; «ЮниФенс», Вологодская обл., Череповец; группа предприятий «Северсталь – метиз» в Череповце, Орле, Волгограде.

Разновидностью объемных сетчатых коробчатых габионных структур является система Террамеш, которая представляет собой надежную армирующую конструкцию из панелей, предназначенную

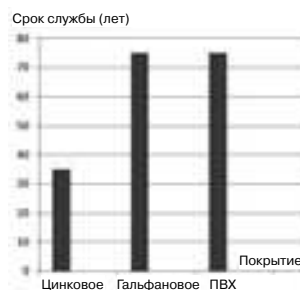


Рис. 2. Срок службы габионных конструкций в зависимости от покрытия

для защиты от деформаций в процессе эксплуатации под различными нагрузками. Шаг армирования задается с учетом обеспечения устойчивости грунта. Для системы Террамеш используется стальная проволока с плотным цинкованием или покрытием GALMAC (рис. 3, 4).

Лицевая грань, заполненная камнем, обеспечивает проницаемость и пористость системы и создает условия для появления растительности, а также исключает возникновение гидростатического давления. Разрыв между лицевой гранью и армопанелью практически невозможен из-за пролонгируемой прочности шестиугольной ячейки сетки в плоскости всех граней системы и сцепления с грунтом, что повышает его механические свойства при обратной засыпке. Биоинженерные технологии позволяют обеспечить естественное объединение модулей системы Террамеш с окружающей средой. Низкая стоимость, легкость и быстрота их установки в любых условиях, высокая несущая способность и долговечность, а также эстетичность – основные достоинства армогрунтовых конструкций [18–20, 25].

Армогрунтовая конструкция системы Макволл компании «ООО ГАБИОНЫ МАККАФЕРРИ СНГ» – это сочетание геосинтетического материала, послойно армирующего грунт при обратной засыпке, и облицовочных бетонных блоков с высотой не менее 15 м. Нивелировать и фиксировать блоки в такой конструкции позволяют соединительные стекловолоконные стержни. Такая система имеет широкий спектр применения – от укрепления переходов и оголовков водопропускных труб, подпорных стен и ограждений на автодорогах, конусов мостов до обычной подпорной структуры, удерживающей массив грунта собственным весом бетонных блоков [23, 24].

В России бетонные блоки Макволл выпускают с 2007 г., а в Казахстане и Украине – с 2011 г. Система Макволл использовалась в Санкт-Петербурге при реконструкции «Американских мостов» на набережной Обводного канала как наиболее оптимальная по срокам возведения, эксплуатации и стоимости работ.

Система МакРес – армогрунтовая конструкция с креплением лицевых вертикальных откосов бетон-

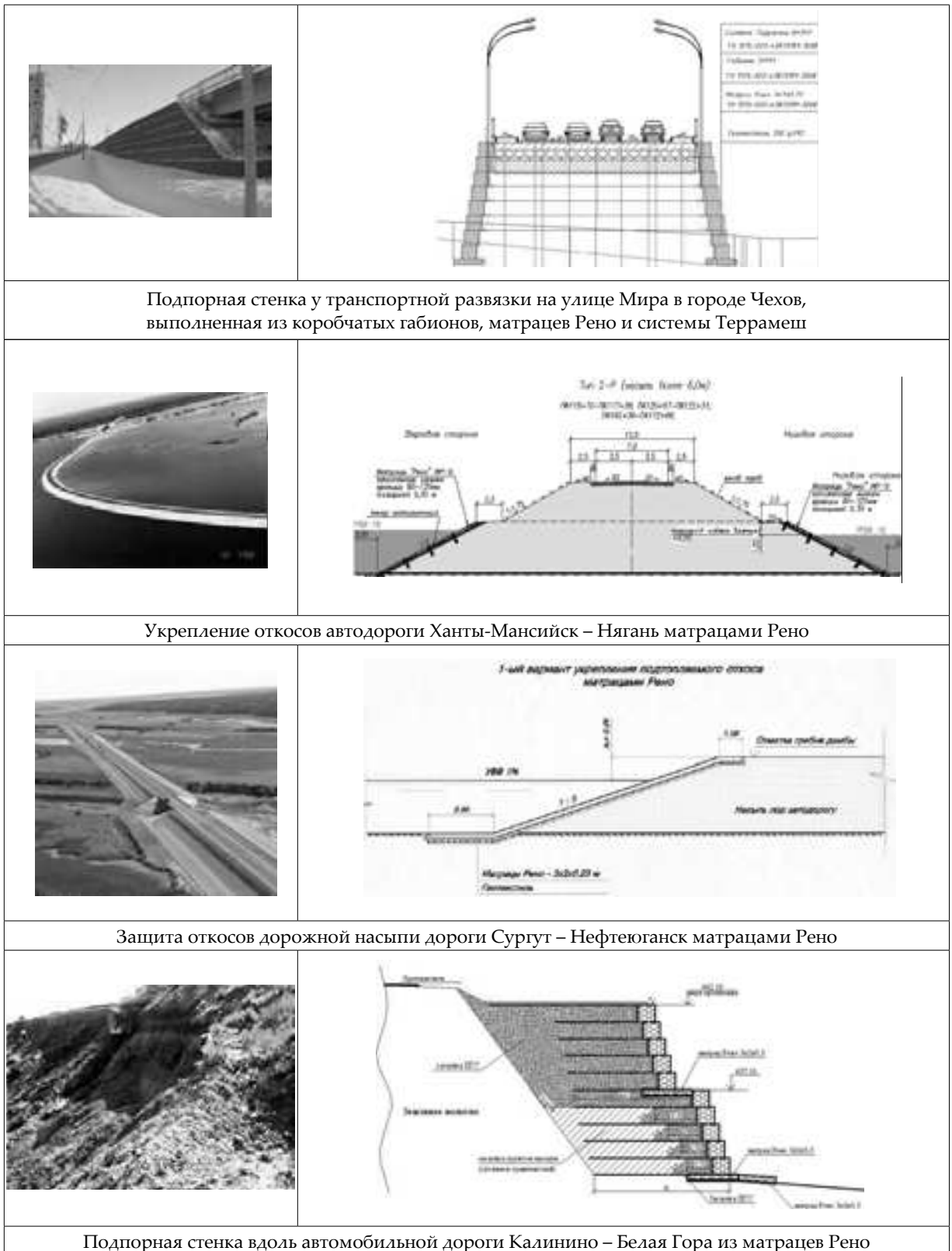


Рис. 3. Примеры применения сетчатых и сварных габионных конструкций в дорожной отрасли



Рис. 3. Окончание

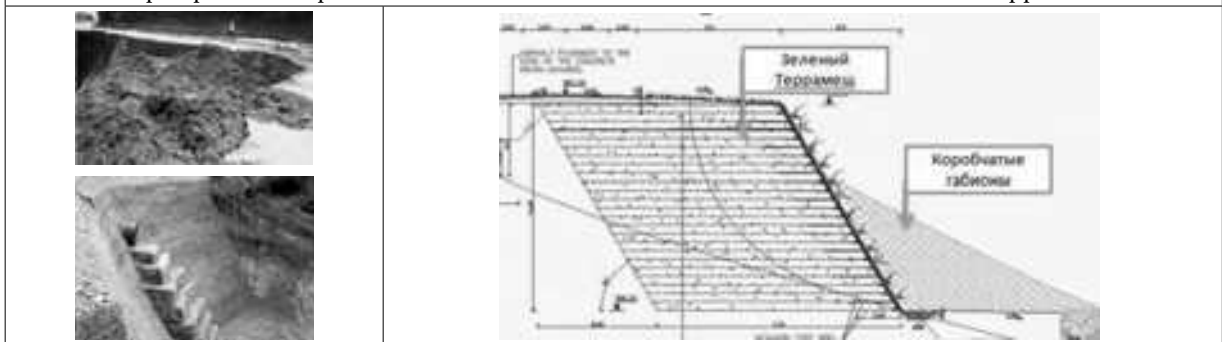
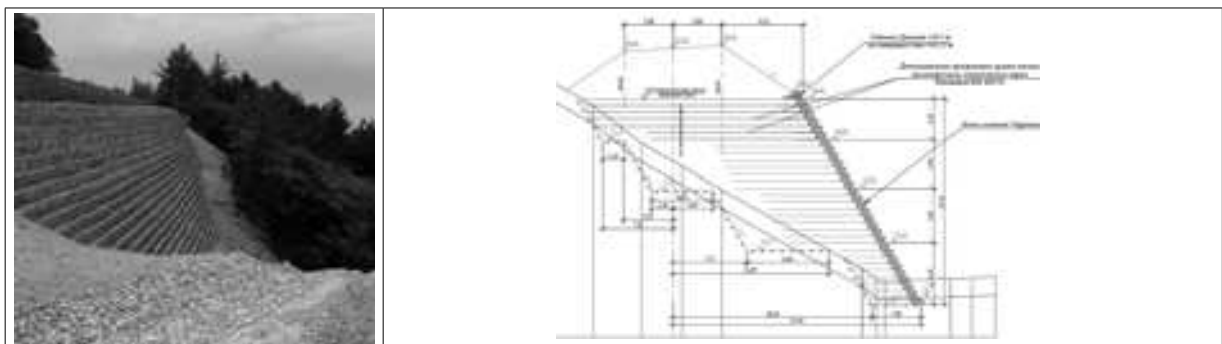


Рис. 4. Примеры применения армогрунтовых конструкций в дорожной отрасли

ными панелями, которые удерживаются в проектном положении армирующими геокompозитными лентами Паравеб. Она предназначена для возведения вертикальных подпорных стен в мостовом и дорожном строительстве, подверженным высоким нагрузкам. Армируют грунт геосинтетическими лентами Паравеб, полученными на основе волокон полиэфира и покрытыми структурированной полиэтиленовой оболочкой, что существенно повышает их сцепление с грунтом. Крепление их производят с помощью закладных элементов Маклуп® бетонных панелей. Структура и цветовая гамма бетонных облицовочных панелей весьма разнообразна – от гладкого профиля серого цвета до всевозможных объемных структур различного цветового оформления [20].

**Вывод.** Любая конструкция габионного типа вписывается в рельеф, сливаясь с окружающей природой и не влияя негативно на ландшафт и экологию, так как сетку пронизывает корневая система растений, укрепляя грунт.

Армогрунтовые подпорные стенки целесообразны в черте города и на автодорогах с ограниченной полосой отвода. Это альтернативное решение подпорным стенкам из железобетона и камня. Они вписываются в ландшафт благодаря озеленению и эстетичны. Зарубежный и отечественный опыт указывает на снижение стоимости их строительства практически в два раза, так как уменьшается трудоёмкость монтажа, сокращаются объёмы бетона и арматуры, необходимые для сооружения стенок из железобетона, и затраты на технологию в холодное время года.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- ОДМ 218.2.027-2015. Рекомендации по проектированию и строительству габионных конструкций. Росавтодор. М.: Информавтодор, 2015. 103 с.
- Козлов Д.В., Багин А.В. Габионные конструкции: общие сведения, технические аспекты использования, особенности применения в суровых климатических условиях, актуальные вопросы исследований [Электронный ресурс] URL: [http://ieek.timacad.ru/science/1/sb-06.files/1\\_82\\_sb\\_06.html](http://ieek.timacad.ru/science/1/sb-06.files/1_82_sb_06.html) (дата обращения: 12.03.2016).
- Алтунин С.Т. Методические указания по применению габионов. М., 1953.
- ОДМ 218.3.038-2014. Рекомендации по проектированию и строительству берегозащитных сооружений на откосах и склонах автомобильных дорог. Росавтодор. М.: Информавтодор, 2015. 66 с.
- ОДМ 218.2.046-2014. Рекомендации по выбору и контролю качества геосинтетических материалов, применяемых в дорожном строительстве. Росавтодор. М.: Информавтодор, 2014. 73 с.
- Габионы – история конструкции [Электронный ресурс]. URL: <http://kamkamych.by/prod/prod-fence/44-gabiony-istoriya-konstruktsii.html> (дата обращения: 27.02.2016).
- Конструкции габионные из сетки проволоочной крученой с шестиугольными ячейками. Технические условия [Электронный ресурс]: 42873191-001-2009. URL: [http://rosavtodor.ru/storage/b/2015/01/20/sto\\_42873191-001-2009.pdf](http://rosavtodor.ru/storage/b/2015/01/20/sto_42873191-001-2009.pdf) (дата обращения: 27.02.2016).
- Габионы Betafence [Электронный ресурс]. URL: <http://camonica.ru/vypolnenie-rabot-s-kamnem/gabiony/gabiony-betafence/> (дата обращения: 01.04.2016).
- Габионы из сварной сетки BETA FENCE [Электронный ресурс]. URL: <http://www.a-fence.ru/katalog/gabiony/gabiony-otcinkovannye-betafence-korobchatye-matratcy> (дата обращения: 10.04.2016).
- ТУ 1275-052-75957906-2014. Габионные конструкции из стальных сварных сеток [Электронный ресурс]. URL: <https://pskgeodor.ru/gabiony/svarnye-gabiony> (дата обращения: 18.04.2016).
- Габионные конструкции [Электронный ресурс]. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/239/2398647.html> (дата обращения: 18.04.2016).
- Сетки проволоочные крученые с шестиугольными ячейками для габионных конструкций. Технические условия [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51285-99> (дата обращения: 10.04.2016).
- Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-1050-88> (дата обращения: 20.04.2016).
- Пластикат поливинилхлоридный для изоляции и защитных оболочек проводов и кабелей. Технические условия [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-5960-72> (дата обращения: 20.04.2016).
- Проволока стальная. Требования к цинковому покрытию и методы испытания покрытия [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-50575-93> (дата обращения: 20.04.2016).
- Физико-механические показатели сетки двойного кручения [Электронный ресурс]. URL: [http://pskgeodor.ru/produkcija/setka\\_dvoynogo\\_krucheniya/specifications](http://pskgeodor.ru/produkcija/setka_dvoynogo_krucheniya/specifications) (дата обращения: 26.04.2016).
- Материалы компании «Габионы Маккаферри СНГ» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.maccafferri.com/ru/> (дата обращения: 20.03.2016).
- Система Террамеш [Электронный ресурс]. URL: <http://www.road-market.ru/products/terramesh> (дата обращения: 20.04.2016).
- Инновационные технологии и материалы [Электронный ресурс]. URL: [http://www.ets35.ru/katalog/gabion/Texn\\_op.pdf](http://www.ets35.ru/katalog/gabion/Texn_op.pdf) (дата обращения: 28.08.2016).
- Перевозников Б.Ф. Периодически затопляемые, селезащитные и фильтрующие водопропускные сооружения с применением габионных конструкций // Сб. науч.-метод. работ по повышению уровня обоснованности проектов автомобильных дорог и сооружений на них. М., 2000. Вып. 4. С. 25–35.

21. *Перевозников Б.Ф., Селиверстов В.Л.* Дорожно-мостовые габионные конструкции и сооружения // Обзорная информация. 2001. Вып. 2.

22. СТО 42873191-010-2015. Конструкции армогрунтовые «Системы Макволл» с креплением грунтовых откосов бетонными блоками. Стандарт организации. Введ. 19-03-2015. М, 2015. 42 с.

23. СТО 2291-42873191-013-2015. Георешетки полимерные дорожные МакГрид WG. Технические условия. М., 2015.

24. ТУ 2291-019-42873191-2015. Георешетки полимерные дорожные ПараГрид. Технические условия. М., 2015.

25. ОДМ 218.2.027-2012. Методические рекомендации по расчету и проектированию армогрунтовых подпорных стен на автомобильных дорогах. Росавтодор. М.: Информавтодор, 2012. 68 с.

Об авторах:

**ШЕИНА Татьяна Викторовна**

кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных материалов, изделий и конструкций Самарский государственный технический университет  
Архитектурно-строительный институт  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,  
тел. (846) 242-37-02  
E-mail: tatyana.sheina@inbox.ru

**SHEINA Tatiana V.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Production of Building Materials and Structures Chair Samara State Technical University  
Institute of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,  
tel. (846) 242-37-02  
E-mail: tatyana.sheina@inbox.ru

**АВДЕЕВА Елена Андреевна**

студентка строительного факультета Самарский государственный технический университет  
Архитектурно-строительный институт  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,  
тел. (846) 242-37-02  
E-mail: avdeee.elena@yandex.ru

**AVDEEVA Elena A.**

Student of the Construction Technologies Faculty Samara State Technical University  
Institute of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,  
tel. (846) 242-37-02  
E-mail: avdeee.elena@yandex.ru

Для цитирования: *Шейна Т.В., Авдеева Е.А.* Габионные и армогрунтовые конструкции // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 50-56. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.9.

For citation: *Sheina T.V., Avdeeva E.A.* Gabion and Reinforced Ground Structures // Urban Construction and Architecture. 2017. V.7, 3. Pp. 50-56. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.9.

**А.А. МИХАСЕК**  
**М.В. РОДИОНОВ**  
**М.Г. ЛИТВИНОВА**

## ВЛИЯНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛОТЕН НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ БЕТОНОНАПОЛНЯЕМЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТОВ

TEXTILE SYNTHETIC SHEETS AND THEIR IMPACT ON THE LOAD BEARING CAPACITY OF CONCRETE-FILLED TEXTILE FLOOR-MATS

*Расчет прочности несущей способности бетонных плит не учитывает влияние синтетических полотен при расчете бетононаполняемых текстильных матов. Предложено провести дополнительные исследования по оценке влияния полотен в лабораторных условиях. В основу исследования авторами положено изучение свойств бетононаполняемых текстильных матов как балки на упругом основании и влияния наличия синтетической ткани на прочностные показатели. Показаны результаты лабораторного исследования при различных условиях влияния текстильных синтетических полотен на несущую способность бетононаполняемых текстильных матов. Приводится зависимость для определения толщины мата из условия его прочности.*

**Ключевые слова:** гидротехническое строительство, берегоукрепление, бетононаполняемые текстильные маты, синтетическое полотно

*The calculation of the strength of concrete slabs load bearing capacity does not take into account synthetic sheets impact while calculating concrete-filled textile floor-mats. Further studies are proposed to assess the impact of sheets in laboratory environments. The authors base their study on the properties of concrete-filled textile floor-mats as flexible beams and on synthetic sheets impact on strength indicators. The paper presents a laboratory study results obtained under different conditions of textile synthetic sheets impact on concrete-filled textile floor-mats load bearing capacity. It provides a function to determine a mat thickness from the condition of its strength.*

**Keywords:** hydraulic engineering, bank protection, concrete-filled textile floor-mats, synthetic canvas

Берегозащитные конструкции – гидротехнические сооружения для защиты берегов от размыва и обрушения. В той или иной степени негативное влияние на состояние берегов могут оказывать самые различные факторы, в числе которых – течения, волнения на водной поверхности, ливневые потоки или грунтовые воды, воздействие льда [1–3]. С целью предотвращения эрозионных процессов, размыва берега и исключения возможности его обрушения применяется комплекс инженерно-технических решений с использованием, как правило, традиционных конструкций из камня, бетона или металла [4].

Основными признаками, по которым могут быть классифицированы берегоукрепительные конструкции, являются:

- расположение на различных участках внутренних водных путей;
- применение в сооружениях различного назначения (эксплуатационный признак);
- расположение относительно уреза воды и способы производства работ;

- типы конструкций, виды строительных материалов (конструктивный признак).

По конструктивному признаку берегоукрепительные сооружения подразделяются на набросные, плитные, крепления с применением вертикальных стенок, туюфачные и т. п. (рис. 1).

Известно большое количество технических решений по креплению подтопляемых откосов, обеспечивающих его защиту от разрушения.

Среди конструктивных решений широкое распространение в последнее время получили железобетонные плиты, габионные матрацы, универсальные гибкие защитные бетонные маты и бетононаполняемые текстильные маты (БНТМ).

Широкое распространение на территории Самарской области за последние 10 лет получили крепления грунтовых откосов БНТМ (рис. 2).

БНТМ представляют собой композитный материал [5–8], состоящий из двух соединенных между собой высокопрочных тканых синтетических полотен, соединенных, в свою очередь, гибкими связями –



Рис. 1. Технические решения креплений береговых подтопляемых откосов:

а – каменное крепление; б – крепление железобетонными плитами; в – крепление универсальными гибкими защитными бетонными матами; г – крепление бетононаполняемыми текстильными матами

распорками, пространство между которыми на строительной площадке заполняется самоуплотняющейся бетонной смесью (рис. 3). Размеры блоков не превышают 1,5 x 1,5 м. Гибкие вертикальные связи из тканых лент шириной 5 мм размещены между верхним и нижним полотнами и обеспечивают требуемую форму блока в виде «подушки» за счет предотвращения неконтролируемого расширения при подаче бетонной смеси в блок. Перемычки выполняют роль тросов, они связывают между собой блоки и предотвращают их смещение относительно друг друга. Конструкция перемычек аналогична блокам. Они размещены по периметру каждого блока и выполнены со значительно меньшими размерами по ширине и толщине по сравнению с размерами блока. Фильтрующие элементы размещены в перемычках в угловых зонах блоков и обеспечивают снятие фильтрационного давления.

Возможность вариации составов бетонной смеси и длины распорок позволяет придать бетононаполняемым текстильным матам необходимую прочность и геометрические размеры, способные препятствовать разрушению конструкции от внешних воздействий.

Сочетание синтетической высокопрочной опалубки и высококачественного бетонного заполнителя является отличительной чертой БНТМ. С 1960-х гг. БНТМ успешно используется в качестве противоэрозионной защиты и укрепления грунтовых поверхностей берегов водотоков и водоемов, откосов искусственных сооружений в основном в странах с теплым и умеренным климатом.

Бетонные плиты являются аналогом БНТМ, и используемые для них методики расчета прочности не учитывают влияние текстильных синтетических полотен на несущую способность конструкции.

а



б

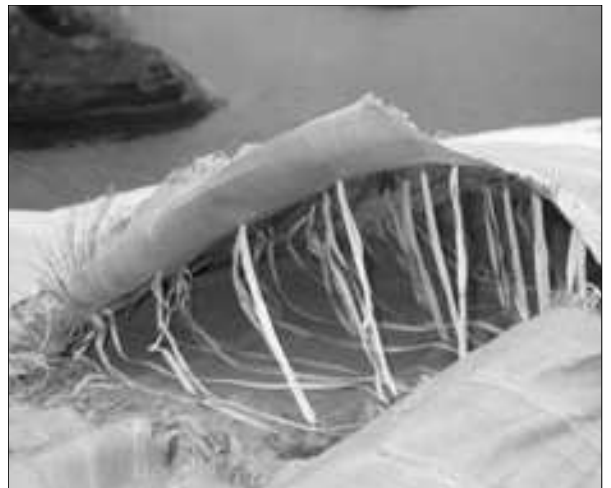


Рис. 2. Примеры использования бетононаполняемых текстильных матов в Самарской области:  
а – Михайло-Овсянский гидроузел; б – мостовой переход «Кировский»

а



б



в

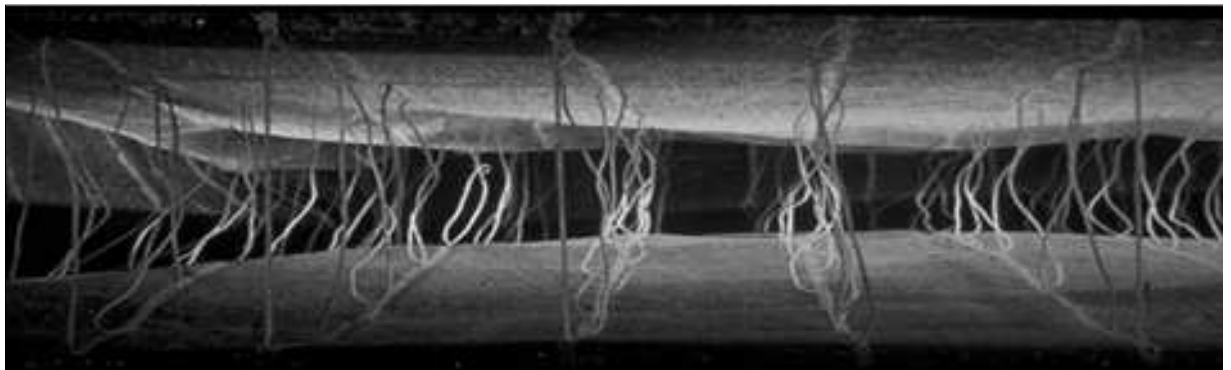


Рис. 3. Бетононаполняемые текстильные маты:  
а – на площадке; б – тканое полотно с распорками; в – гибкие связи между полотнами



В связи с этим было принято решение о проведении исследований по оценке влияния тканых полотен в лабораторных условиях [9–13].

Лабораторные исследования по оценке влияния тканых полотен БНТМ типа Incomat® Flex проводились в лаборатории кафедры строительных конструкций Самарского государственного архитектурно-строительного университета, где использовалось следующее оборудование: силовой пол, гидравлический домкрат ДГ25, насосная станция, измеритель прочности бетона ПОС 50 МГ-4. Текстильные синтетические полотна имели следующие характеристики: прочность не менее 45 кН/м; удлинение при разрыве не более 20 %; вес примерно 200 г/м<sup>2</sup>.

В основу лабораторного исследования авторами положено изучение свойств бетонных плит как балки на упругом основании и влияния наличия синтетической ткани на прочностные показатели.

Для проведения исследований в условиях, максимально приближенных к натурным, потребовалось усовершенствовать силовой пол, в связи с этим была предусмотрена отсыпка песка толщиной 0,8 м на площадке силового пола размерами 3×3 м. В целях ограничения расплзания песчаной призмы необходимо было выполнить устройство деревянной опалубки по контуру. Размеры были приняты исходя из плановых размеров «подушки» БНТМ (1,2×1,2 м), габаритов силового пола и траверсы. Схема лабораторной установки приведена на рис. 4.

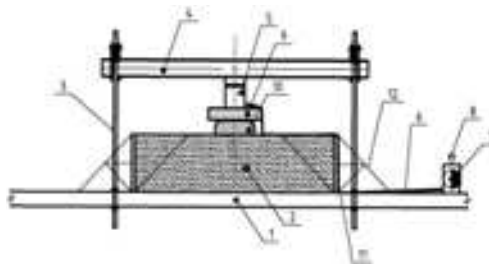


Рис. 4. Принципиальная схема лабораторной установки:

- 1 – площадка силового пола; 2 – песок;
- 3 – элементы подвески траверсы; 4 – траверса;
- 5 – гидравлический домкрат; 6 – шланг к насосу;
- 7 – насос; 8 – измеритель нагрузки;
- 9 – распределительная балка; 10 – образец;
- 11 – деревянная опалубка;
- 12 – элементы углового крепления

Количество изготовленных для исследования матов и бетонных плит показано в табл. 1.

Бетонная плита без текстильных синтетических полотен заливалась из того же бетона, что и для БНТМ, в специально изготовленной опалубке. Перед началом опытов «подушки» БНТМ дополнительно обрабатывались путем отрезки элементов швов при помощи шлифмашины от тела «подушки» и приведения ее к стандартным размерам. В результате оголения боковых поверхностей БНТМ было установлено, что трещины в бетоне до начала исследования отсутствуют.

Таблица 1

Количество исследуемых показателей

Исследуемый материал	Длина, м	Ширина, м	Толщина, м	Количество, шт.
Бетонная плита	1,2	0,6	0,1	3
Подушка БНТМ Incomat® Flex 20.108	1,2	0,6	0,1	3
Подушка БНТМ Incomat® Flex 20.108 с удаленной верхней тканью	1,2	0,6	0,1	3
Подушка БНТМ Incomat® Flex 20.118	1,2	1,0	0,2	3

Задачами лабораторного исследования являлись:

- определение прочностных показателей БНТМ и их отличия от бетонных плит аналогичного размера путем сравнительного испытания подушек БНТМ Incomat® и бетонных плит;

- подтверждение характера зависимости толщины мата от нагрузки путем испытания двух типов БНТМ Incomat® Flex 20.108 и Incomat® Flex 20.118.

Результаты лабораторных исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты лабораторных исследований

Исследуемый материал	Величина нагрузки при разрушении, кН, по повторениям			Удельная величина, кН/м
	1	2	3	
Бетонная плита (1,3х0,6х0,12 м)	50	45	55	83,5
Подушка БНТМ Incomat® Flex 20.108 (1,0х0,6х0,12 м)	100	80	115	164,1
Подушка БНТМ Incomat® Flex 20.108 с удаленной верхней тканью (1,0х0,6х0,12 м)	62.5	67.5	65.5	108,9
Подушка БНТМ Incomat® Flex 20.118 (1,2х1,0х0,2 м)	235	197.5	237.5	223,3

В результате аппроксимации полученных данных лабораторного исследования, для определения толщины мата  $h$  из условия его прочности авторами рекомендуется уравнение вида:

$$h = \frac{A \cdot N^{0,55}}{1,41},$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от класса бетона и размеров подушки; для подушек с размерами  $1,00 \times 1,00$  м и бетона классов от В20 до В40 коэффициент  $A$  изменяется в пределах от 0,0151 до 0,0121 соответственно;  $N$  – предельно допустимая нагрузка, кН.

Лабораторные исследования БНТМ при различных условиях сохранения текстильных синтетических полотен показали определенное их влияние на несущую способность матов. Так, несущая способность мата толщиной 10 см с удаленным верхним полотном превышает на 24 % несущую способность неармированного блока аналогичных размеров из того же бетона, а при сохранении обоих полотен – на 47 %. Также установлено, что при увеличении толщины мата влияние синтетической ткани на несущую способность матов снижается.

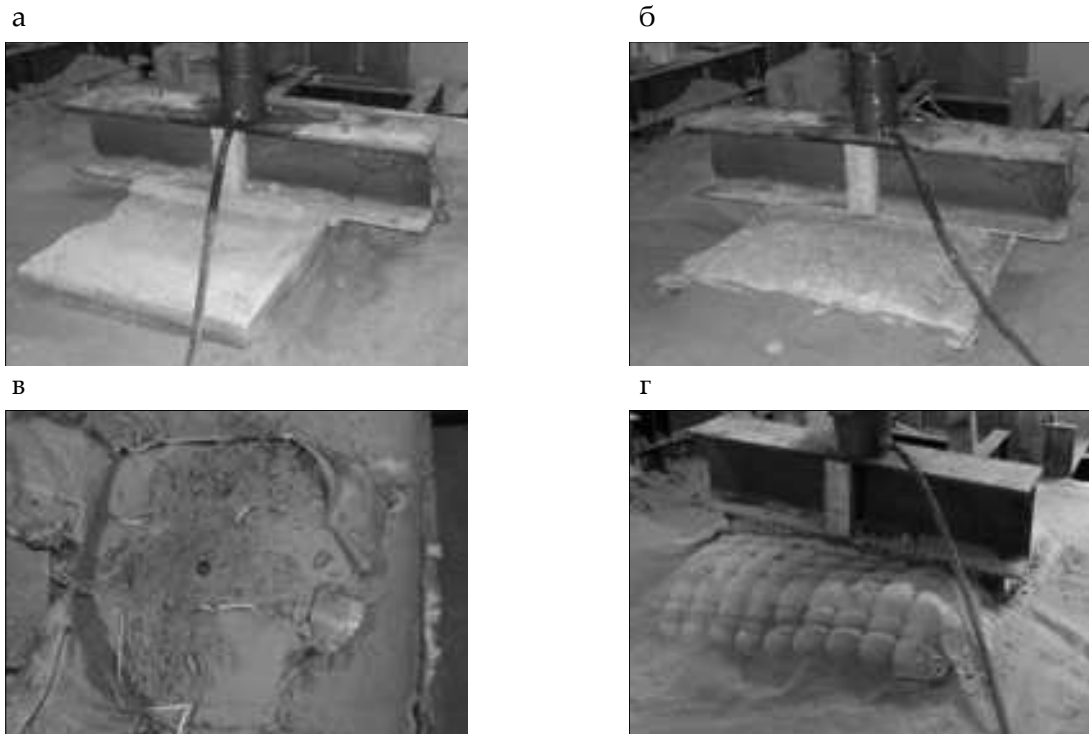


Рис. 5. Фото испытаний:

- а – бетонная плита (1,3x0,6x0,12 м); б – подушка БНТМ Incomat® Flex 20.108 (1,0x0,6x0,12 м);  
в – подушка БНТМ Incomat® Flex 20.108 с удаленной верхней тканью (1,0x0,6x0,12 м);  
г – подушка БНТМ Incomat® Flex 20.118 (1,2x1,0x0,2 м)

**Выводы.** 1. Приведены результаты лабораторного исследования влияния текстильных синтетических полотен на несущую способность бетоноподняемых текстильных матов. Установлено, что наличие двух полотен может повышать несущую способность на 47 %.

2. Приведена зависимость для определения толщины мата из условия требуемой его прочности.

3. Сделан вывод, что при увеличении толщины мата влияние синтетической ткани на несущую способность матов снижается. Так, для матов толщиной 10 см при уменьшении числа полотен до одного несущая способность уменьшается на 23 %.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бальзанников М.И., Галицкова Ю.М. Защита береговых склонов от разрушения // Экобалтика 2006:

сб. трудов VI Междунар. молодежного экологического форума стран Балтийского региона. С-Пб.: Из-во СПб-ГПУ, 2006. С. 58-60.

2. Алпатов В.Ю., Холопов И.С., Лукин А.О., Соловьев А.В., Гудков К.Н. Облегченные металлические конструкции – опыт, разработка, внедрение // Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века. 2011. № 12 (155). С. 40-45.

3. Бальзанников М.И., Евдокимов С.В. Общие направления и проблемы совершенствования конструкций технических систем // Современные проблемы совершенствования и развития металлических, деревянных, пластмассовых конструкций в строительстве и на транспорте: материалы Международной науч.-тех. конф. / СГАСУ. Самара, 2002. С.78.

4. Бальзанников М.И., Шакарна С.М. Вероятностная оценка устойчивости откосов грунтовых плотин //

Градостроительство и архитектура. 2011. № 1. С. 92-95. DOI: 10.17673/Vestnik.2011.01.18.

5. Родионов М.В., Литвинова М.Г. Новый тип берегоукрепительных конструкций –бетононаполняемые текстильных маты // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2014. С. 460-463.

6. Родионов М.В., Литвинова М.Г. Расчет берегоукрепительных бетононаполняемых текстильных матов в условиях волновых воздействий // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2014. С. 464-467.

7. Родионов М.В., Литвинова М.Г. Расчет берегоукрепительных бетононаполняемых синтетических матов в условиях ледовых воздействий // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2014. С. 468-471.

8. Литвинова М.Г. Технические решения креплений береговых подтопляемых откосов // Научное обозрение. 2016. № 13. С. 70-74.

Об авторах:

#### **МИХАСЕК Андрей Александрович**

кандидат технических наук, доцент кафедры природоохранного и гидротехнического строительства Самарский государственный технический университет  
Архитектурно-строительный институт  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (846) 242-21-71  
E-mail: andremixas@mail.ru

#### **РОДИОНОВ Максим Владимирович**

кандидат технических наук, доцент кафедры природоохранного и гидротехнического строительства Самарский государственный технический университет  
Архитектурно-строительный институт  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (846) 242-21-71  
E-mail: rodionov\_max@mail.ru

#### **ЛИТВИНОВА Маргарита Геннадьевна**

аспирант кафедры природоохранного и гидротехнического строительства Самарский государственный технический университет  
Архитектурно-строительный институт  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (846) 242-21-71  
E-mail: litvin-rita@mail.ru

9. Михасек А.А., Родионов М.В., Литвинова М.Г. Опыт создания экспериментальной площадки для натуральных исследований берегоукрепительных бетононаполняемых матов в условиях ледовых воздействий // Научное обозрение. 2015. № 04. С. 125-134.

10. Пиявский С.А., Родионов М.В., Холопов И.С. Применение геосинтетических оболочек в гидротехническом строительстве // Вестник МГСУ. 2012. № 6. С. 54-61.

11. Бальзанников М.И., Холопов И.С., Родионов М.В., Литвинова М.Г. Теоретические исследования работы берегозащитных бетононаполняемых текстильных матов в условиях ледовых воздействий // Научное обозрение. 2015. № 22. С. 65-72.

12. Balzannikov M.I., Rodionov M.V., Litvinova M.G. Engineering development of bank protecting devices using concrete filling textile mats // Procedia engineering. 2016. S. 77-82.

13. Шабанов А.Д., Шабанов Л.А., Шабанов В.А., Кичигина Н.Я. Расчет железобетонных плит крепления напорных откосов земляных сооружений. Саратов: Издательство Саратовского университета, 1987. 139 с.

#### **MIKHASEK Andrey A.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Environmental and Hydraulic Engineering Chair Samara State Technical University  
Institute of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 tel. (846) 242-21-71  
E-mail: andremixas@mail.ru

#### **RODIONOV Maxim V.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Environmental and Hydraulic Engineering Chair Samara State Technical University  
Institute of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 tel. (846) 242-21-71  
E-mail: rodionov\_max@mail.ru

#### **LITVINOVA Margarita G.**

Post-Graduate Student of the Environmental and Hydraulic Engineering Chair Samara State Technical University  
Institute of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 tel. (846) 242-21-71  
E-mail: litvin-rita@mail.ru

Для цитирования: Михасек А.А., Родионов М.В., Литвинова М.Г. Влияние текстильных синтетических полотен на несущую способность бетононаполняемых текстильных матов // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 57-62. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.10.

For citation: Mikhasek A.A., Rodionov M.V., Litvinova M.G. Textile synthetic sheets and their impact on the load bearing capacity of concrete-filled textile floor-mats // Urban Construction and Architecture. 2017. V.7, 3. Pp. 57-62. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.10.

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 504.711.75

DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.11

**В.И. ГВОЗДОВСКИЙ**  
**М.Н. КНЯЗЕВА**  
**А.И. СИЗОВА**

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КРУПНОГО ГОРОДА. СРЕДСТВА И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ

METROPOLIS ENVIRONMENTAL PROBLEMS: METHODS OF SOLUTION

*Рассмотрены актуальные экологические проблемы городских ландшафтных территорий России, связанные с антропогенным воздействием на природную среду обитания человека и опасными загрязнениями компонентов биосферы Земли токсичными химическими веществами. Приведена структурная классификация типов городов по численности населения и величине занимаемой территории. Рекомендованы природоохранные (экологические) мероприятия защиты крупного города (как эталона комфортной среды обитания человека) от деградации и разрушения с целью сохранения экологической безопасности и надежного функционирования сложной системы городского обитания разумного человека.*

**Ключевые слова:** типы городов, крупный город, население, виды деятельности человека, экологические проблемы, методы их решения, природоохранные мероприятия, безопасность жизнедеятельности населения

Город всегда был и остается местом комфортно обитания, надежной защитой населения от аномальных стихийных сил природной среды. Жители городов занимаются производительным трудом во многих областях хозяйственной деятельности – в промышленности, строительстве зданий и сооружений городского типа, науке, культуре, здравоохранении и других направлениях. Города занимают всего лишь 2 % поверхности суши, но потребляют 3/4 сырьевых и энергетических природных ресурсов в мире [1–3].

В течение длительной эволюции человечество потребляло природные ресурсы, не нарушая экологического равновесия в природной среде. Проблемы охраны окружающей природной среды не существовало. Мощный научно-технический прогресс XX в., внедрение новой техники и технологий привели к росту производительных сил общества (1940 г.) [3].

Интенсивное использование природных ресурсов, большие объемы образования отходов производства, неэффективная их переработка и утилиза-

*The paper examines challenging environmental issues of Russian landscape territories, related to anthropogenic impacts on human's natural habitat and dangerous Earth biosphere pollution by toxic chemical substances. The research provides a structural classification of city types by population and size of their territory. The authors give recommendations for nature protection (environmental) measures necessary for a large city (being a standard of comfortable human habitat) against degradation and destruction in order to preserve environmental security and sound functioning of an urban habitat complex system of an intelligent person.*

**Keywords:** types of cities, metropolis, population, human activities, environmental problems, methods of their solution, environmental activities, safety of life-sustaining activity

ция привели к нарушению экологического баланса в окружающей природной среде обитания человека. В крупных городах России возникли экологические проблемы, связанные с отчуждением территорий для строительства зданий и сооружений, городских дорог, инженерных сетей жилого и производственного назначения. *Природные ресурсы* – важнейшие компоненты естественной среды обитания, используемые для удовлетворения жизненных потребностей людей: солнечная энергия, внутреннее тепло Земли, воздушные, водные, земельные, почвенные ресурсы; материальные, растительные, животные ресурсы. В большей части компонентов биосферы наблюдаются необратимые экологические изменения. Устойчивое развитие природы и общества было нарушено (1970 г.).

*Устойчивое развитие* природы и общества – такое взаимосвязанное развитие, при котором обеспечивается удовлетворение жизненных потребностей в природных ресурсах настоящего и будущего поколений людей, сохранение природного потенци-

ала Земли, генофонда и воспроизводство растительного и животного мира (Международная комиссия ООН по окружающей среде и развитию, 1987 г.) [4].

В России экологические проблемы появляются не только в процессе отчуждения территорий для крупных городов. Отрицательное воздействие оказывает загрязнение природной среды выбросами и отходами с других сопряженных стран мирового хозяйства. Глобальным трансграничным круговоротом переносятся большие массы вещества и энергии в биосфере. Например, мировое хозяйство ежегодно выбрасывает в атмосферу 300 млн. т диоксида углерода, 150 млн. т серы, 120 млн. т золы, более 50 млн. т углеводородов, а также большое количество оксидов азота, фтористых соединений, ртути и других токсичных веществ [5,6].

В мировом сообществе остро встал вопрос рационального ограничения природопользования, сокращения антропогенного воздействия на биосферу и защиты природы от деградации и разрушения. В социально-экономическом развитии общества приоритетное значение имеют ресурсное материально-техническое и энергетическое обеспечение крупных городов России, рациональное использование природных ресурсов, охрана природной среды, устойчивое развитие природы и общества (2000 г.). Охрана природы – комплекс государственных, правовых, административно-хозяйственных и инженерно-строительных мероприятий, осуществляемых по программам и проектам с целью обеспечения экологической безопасности населения, растительного и животного мира, а также сохранения генофонда живых организмов и возобновления компонентов природы [2,7,8].

В рациональном проектировании городской среды обитания человека многие авторы (Н.В. Маслов, С.А. Ушаков, Б.С. Чистякова и другие) рекомендуют учитывать экологическую совместимость населенных мест и природной среды. Эти вопросы решаются в двух направлениях использования окружающей среды: антропогенной и природной экосистемы. Городской ареал представляет собой зависимую экосистему, которая потребляет природные ресурсы на значительной по площади и емкости территории. Чем крупнее город, тем большее его влияние на природную среду, в частности, на экологическое равновесие (устойчивость) в городской экосистеме.

Проблему экологического равновесия решают в двух случаях: 1) когда определяют экологическую емкость городской территории с учетом действующей антропогенной нагрузки, при условии сохранения природного равновесия; 2) устанавливают необходимые размеры территории, которую включают в урбанизированное природопользование, с тем чтобы обеспечить состояние динамической устойчивости всей природно-техногенной экосистемы. В обоих расчетных случаях техногенная нагрузка должна быть не больше предельно допустимой величины.

Конечной целью разработки проекта устойчивости городской территории служит установление демографической емкости территории (ДЕТ). Этот метод расчета основан на сопоставлении продуктивности абиотических и биотических экосистем с потребностями городского населения в природных ресурсах, при котором ДЕТ определяют поэтапно: сначала устанавливают исходные данные (критерии), затем определяют действующие факторы и показатели антропогенно-природной экосистемы. Важными показателями этого метода являются численность населения города и площадь городской территории. Все расчеты выполняются с учетом научной терминологии и закономерностей функционирования экосистем в замкнутом природном цикле образования полезной продукции и полной переработки отходов и выбросов в природную среду [3].

Расчетные показатели ДЕТ используют в организации эффективной защиты природной среды от деградации и разрушения. Проблемные вопросы экологического состояния экосистем должны решаться на основе учета закономерностей функционирования экосистем.

В России городское население составляет 75 % от общего числа жителей, на ее территории размещено 1060 городов различного уровня и 2100 поселков городского типа, в которых проживают более 110 млн. человек (2010 г.). Численность населения городов и занимаемая ими территория постоянно увеличиваются за счет земельного фонда сельской местности. По данным переписи населения 2010 г. в Российской Федерации проживало около 143 млн. чел., в том числе 28 млн. (19,6 %) в крупных городах и 16 млн. (11,2 %) в 13 городах-миллионерах (табл. 1) [7–9].

Во многих крупных городах России экологическая обстановка оценивается как критическая. Причинами такого состояния городских территорий является загрязнение компонентов биосферы (атмосферы, гидросферы, литосферы и биоты) вредными веществами. Природная среда загрязняется газообразными, жидкими и твердыми отходами промышленного, энергетического производства, транспорта, коммунального хозяйства. Например, отдельные участки территории Самары и Самарской области загрязнены углеводородами, формальдегидом, диоксидами углекислого газа, серы, азота и другими отходами (рис. 1) [10].

Базовой основой в решении экологических проблем крупного города служат сведения по экологическому состоянию городской территории. Учеными научно-исследовательских учреждений и преподавателями вузов Российской Федерации составлены и опубликованы в печати отчеты, монографии, доклады, учебники и учебные пособия по вопросам экологического состояния воздушной, водной, геологической среды обитания человека, растительного и

Таблица 1

Численность жителей России по данным переписи населения 2010 г.

Территория местожительства населения	Число жителей, тыс. чел.	Основное производство
Сельская местность	36000	Сельское хозяйство
Городские поселки	7900	Местная промышленность
Малые города	14000	Технические средства жизнедеятельности
Средние города	24000	Промышленность, наука, образование
Крупные города	28000	Промышленность, наука, образование
Города-миллионеры	16000	Промышленность, управление, наука, образование
Мегаполисы	17000	Многоотраслевое производство, управление, наука, образование
Всего	142900,2	

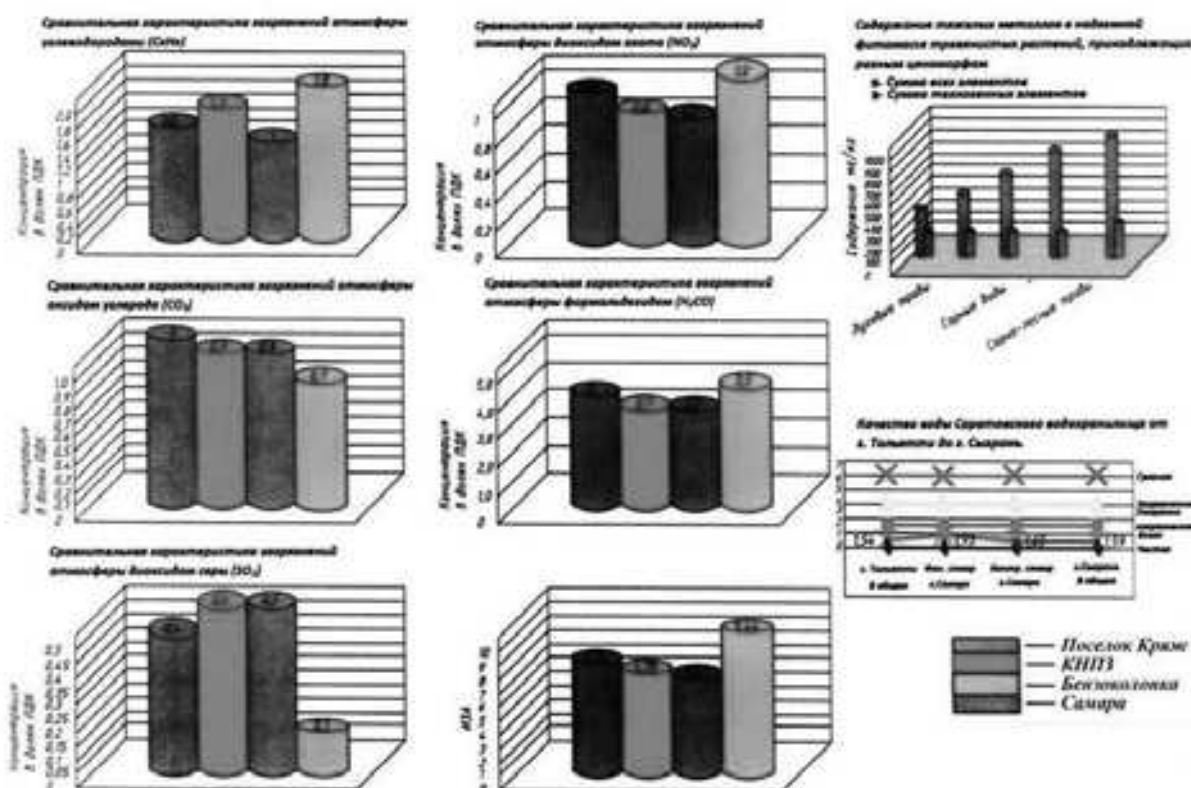


Рис. 1. Экологическая обстановка города Самары (2010 г.)

животного мира в биосфере Земли, выполнен информационно аналитический анализ почвенных, водных, воздушных и климатических природных ресурсов и их антропогенных изменений [11,12].

Авторами статьи составлена классификация типов городов России в зависимости от численности населения и занимаемой ландшафтной территории города (табл. 2). В оценке экологических проблем крупных городов эти два критерия (число жителей и площадь города) играют определяющую

роль. В защите природной среды от загрязнения и деградации крупный город можно принять в качестве эталона экологического состояния окружающей природной среды.

Экологическое состояние в нашей стране необходимо рассматривать в двух направлениях: в пределах городского ландшафта и в ландшафтных зонах добычи полезных ископаемых. В 35 крупных городах, 13 городах-миллионерах и двух мегаполисах России проживает значительное количество населе-

Таблица 2

Классификация городов России по типам

Тип города	Численность населения, тыс. чел.	Площадь территории, км <sup>2</sup>
1-я группа – промышленного назначения		
Поселки городского типа	1...10	0,4...2
Малый	10...100	2...20
Средний	100...500	20...100
Крупный	500...1000	100...200
Города-миллионеры	1000...5000	200...1000
Мегаполис	> 5000	> 1000
2-я группа – оздоровительного назначения		
Малый	10...100	2...20
Средний	100...500	20...100
Крупный	500...1000	100...200

ния (43,7 %); плотность жителей – высокая (4000 чел./м<sup>2</sup>); экологическое состояние – критическое. По данным литературных источников, в ландшафтных зонах добычи природных ресурсов экологическая обстановка также сложная [13,14].

На основе использования экономических и научно-технических положительных результатов в хозяйственной деятельности городов необходимо перестроить экспортную и импортную структуру продажи товаров и услуг, а именно: вместо продажи сырьевых природных ресурсов на окраинах крупных городов России производить промышленную продукцию из собственного сырья, а также продавать ее другим странам мира, что позволит увеличить поступление финансовых средств в несколько раз. При этом занятость населения увеличится, благосостояние российского народа возрастет, а экологическая обстановка в географических районах лесной и лесостепной зон резко улучшится.

В крупных городах России подземное пространство используется недостаточно эффективно. С целью снижения загрязненности территорий городов необходимо построить автотранспортные тоннели и метрополитены.

На производство экспортной продукции из собственного сырья потребуется меньшее количество сырьевых ресурсов. За пределами городской территории экологическое состояние ландшафтов страны значительно улучшится [17].

Предлагаются следующие средства и методы защиты окружающей природной среды от деградации и разрушения:

- восстановление почвенного покрова городской территории;
- очистка на промышленных предприятиях газовых выбросов в атмосферу;
- защита территории города от выхлопных газов автотранспорта;
- реконструкция локальных сооружений очистки сточных вод города;
- первичная сортировка коммунальных отходов в местах их образования;

- разработка конструкции сортировочно-перегрузочной станции для твердых бытовых отходов;
- лесовосстановление в жилой, парковой зонах города и на окраинах;
- внедрение ресурсосберегающей техники и технологии на предприятиях;
- минимизация массы отходов в производстве полезной продукции;
- использование подземного пространства города в дорожном строительстве (переходы, тоннели), а также в коммунальном хозяйстве;
- реконструкция полигонов захоронения твердых бытовых отходов;
- разработка проекта микрорайона города с улучшенной архитектурно-строительной планировкой и экологической обстановкой [7].

На основании изученных литературных источников можно сделать следующие **выводы**: в крупных городах Российской Федерации проживает почти 50 % населения; экологическое состояние городских территорий сложное (критическое); экологические проблемы трудно решаются из-за множества действующих природных и антропогенных факторов. С целью улучшения экологической обстановки на территории крупных городов требуется вложение дополнительных финансовых средств и использование новых методов в строительстве зданий и сооружений, увеличение объемов подземного строительства, разработка новых конструктивных решений автодорог, средств связи и современного технического компьютерного обеспечения [15].

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Баландин Р.К. Природа и цивилизация. М.: Наука, 1988. 280 с.
2. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1999 г.». М., 2000. 25 с.

3. Маслов Н.В. Градостроительная экология: учебное пособие для студентов строит.вузов / под ред. М.С. Шумилова. М.: Высш. шк., 2002. 284 с.
4. Гвоздовский В.И. Природопользование: Устойчивость антропогенного ландшафта / СГАСУ. Самара, 2003. 132 с.
5. Сугробов Н.П., Фролов В.В. Строительная экология: учеб.пособие. М.: Издат. центр «Академия», 2004. 416 с.
6. Шевцов К.К. Охрана окружающей природной среды в строительстве: учеб.пособие для студентов стрит. спец. вузов. М.: Высш.шк., 1994. 240 с.
7. Чистякова С.Б. Охрана окружающей среды: учебник для студ. арх. спец. вузов. М.: Стройиздат, 1988. 272 с.
8. Экологическое состояние территории России: учеб. пособие для студентов вузов / под ред. С.А. Ушакова, Я.Г. Кац. М.: Академия, 2001. 128 с.
9. Князева М.Н. Принцип расчета биоритмов человека // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство / СГАСУ. Самара, 2016. С. 346–348.
10. Князева М.Н. Цветовое оформление рабочего пространства как фактор психофизиологического влияния на человека // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство / СГАСУ. Самара, 2016. С. 342–345.
11. Орлов О.Г. Защита жилой застройки от шума строительной техники и технологических материалов // Интерстроймех 2014: материалы Международной научно-технической конференции. Самара, 2014. С. 70–72.
12. Орлов О.Г., Галицков С.Я., Вельмайкина О.С. Алгоритм создания акустического комфорта при разработке проекта жилого дома // Градостроительство и архитектура. 2016. №2. С. 56–62. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.11.
13. Гвоздовский В.И., Князева М.Н. Оптимизация технологических процессов промышленного производства и гидротехнического строительства // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной научно-технической конференции // СГАСУ. Самара, 2014. С. 193.
14. Гвоздовский В.И., Князева М.Н. Экологическое состояние природной и антропогенной среды в строительстве // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2014. С. 201.
15. Гвоздовский В.И., Сухолитко Н.С., Князева М.Н. Химическое и биологическое загрязнение природной среды промышленностью // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2014. С. 204.

Об авторах:

#### **ГВОЗДОВСКИЙ Виктор Ильич**

кандидат технических наук, профессор кафедры природоохранного и гидротехнического строительства Самарский государственный технический университет  
Архитектурно-строительный институт  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194

#### **GVOZDOVSKY Viktor I.**

PhD in Engineering Science, Professor of the Environmental and Hydraulic Engineering Chair  
Samara State Technical University  
Institute of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194

#### **КНЯЗЕВА Марианна Николаевна**

старший преподаватель кафедры природоохранного и гидротехнического строительства Самарский государственный технический университет  
Архитектурно-строительный институт  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194  
E-mail: maya9280@yandex.ru

#### **KNYAZEVA Marianna N.**

Senior Lecturer of the Environmental and Hydraulic Engineering Chair  
Samara State Technical University  
Institute of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194  
E-mail: maya9280@yandex.ru

#### **СИЗОВА Арина Ильинична**

магистрант кафедры биохимии, биотехнологии и биоинженерии Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева  
443011, Россия, г. Самара, ул. Академика Павлова, д.1, корп. 3

E-mail: rina2527@inbox.ru

#### **SIZOVA Arina I.**

Master's Degree Student of the Biology, Biotechnology and Bioengineering Chair  
Samara National Research University  
443011, Russia, Samara, Akademika Pavlova str., 1  
E-mail: rina2527@inbox.ru

Для цитирования: Гвоздовский В.И., Князева М.Н., Сизова А.И. Экологические проблемы крупного города, средства и методы их решения // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 63-67. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.11.  
For citation: Gvozдовskiy V.I., Knyazeva M.N., Sizova A.I. Metropolis Environmental Problems: Methods of Solution // Urban Construction and Architecture. 2017. V.7, 3. Pp. 63-67. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.11.



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

УДК 711.43

DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.12

В.Н. ВОСТРИКОВ

## АРХИТЕКТУРНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАСТРОЙКИ ЧЁРНОВСКОГО ШОССЕ ГОРОДА КУЙБЫШЕВА

ARCHITECTURAL-SPATIAL SOLUTION FOR CHERNOVSK HIGHWAY BUILDING  
DEVELOPMENT OF KUIBYSHEV CITY

Рассматриваются вопросы, связанные с созданием жилого района Черновского шоссе (ул. Ю. Гагарина) в 1960-е гг. в соответствии с генеральным планом г. Куйбышева (ныне Самара). Выявлены особенности проектного решения в контексте развития общих тенденций в градостроительстве и архитектуре. Отмечены основные закономерности в организации функциональных процессов в жилой среде, обеспечении удобной транспортной и пешеходной доступности, создании благоприятной и эстетически полноценной среды. Определен тип застройки и особенности архитектурно-планировочного решения с использованием типовых жилых зданий и объектов общественного назначения, а также специфика композиционного построения с организацией визуальных коммуникаций.

This paper considers issues of residential area (which is next to Chernovsk Highway) construction (Yuriy Gagarin str.) which took place in the 1960s according to Kuibyshev-city general lay-out. The features of this design decision have been described in the context of general trends in urban planning and architecture and their development. The paper focuses on functional processes in the living environment and objective laws of their management, on user-friendly transport and pedestrian accessibility, and on the creation of an enabling and aesthetically sound environment. It defines a type of building development and features of architectural and planning solutions of using typical residential buildings and public facilities, as well as specifics of composite construction providing visual communications.

**Ключевые слова:** транспортная инфраструктура, градостроительный комплекс, пространственно-планировочная система, пространственная композиция, планировочная структура, принцип регулярности, архитектурный облик, архитектурно-художественные идеи, планировочные зоны, художественная выразительность

**Keywords:** Transport infrastructure, city-planning complex, spatial design structure, spatial composition, design structure, regularity principle, architectural design, architectural and artistic ideas, planning areas, artistic expressiveness

На рубеже 1950 – 1960-х гг. происходят заметные изменения в вопросах архитектуры и градостроительства, которые связаны в первую очередь с переходом к индустриальному строительству. По темпам экономического развития город Куйбышев (ныне Самара) выходит на одно из первых мест в РСФСР. Куйбышевским филиалом «Гипрогор» в 1960-е гг. активно ведется разработка генерального плана (арх. Н.В. Подовинников, В.Г. Каркарьян, Н.И. Розанов) [1, с. 180-181], который был утвержден 28 февраля 1967 г. [2, с. 219]. В методологическом плане в проектировании, как и по всей стране, преобладает принцип регулярности – акцент на создание целостного плана, где главенствующим становится жилой микрорайон как «социальная единица района».

Определена модель роста с приоритетом интенсивности освоения городской территории, где «... наряду с каркасом выделяется и его «заполне-

ние» – территории..., меньше всего включенные в городскую систему коммуникаций и менее «устойчивые» по своей пространственной организации» [3, с. 64]. В г. Куйбышеве акцент делается на выстраивании планировочных районов, куда входили жилые и производственные территории, зеленые зоны отдыха, сгруппированные в планировочные зоны.

Большое значение придавалось развитию транспортной инфраструктуры, обеспечивающей жизненные функции города, с первоочередной прокладкой основных городских проездов улиц, совпадающих с исторически сложившимися направлениями старых трактов – Семейкинского (Московское шоссе), Ново-Сызранского (пр. Карла Маркса), Чёрновского (с 1961 г. – ул. Ю. Гагарина). Последнему отводилась особая роль как важнейшей трассы между историческим центром и рабочими районами Безымянки с выходом на исторически сложив-

шие приоритетные направления сети областных шоссе в восточном и северо-восточном районах.

Такая магистраль должна была иметь свой неповторимый архитектурный облик, став одной из важнейших частей генерального плана г. Куйбышева. В проектировании большое значение в это время придается композиции внутренних пространств жилых массивов, а улицы не имеют плотной застройки. В нормативных документах регламентируется свободное расположение зданий с приоритетным учетом вопросов инсоляции [4, с. 50-51]. Такая сложная пространственно-планировочная система, какой является ул. Гагарина, была организована в первую

очередь для реализации потребности людей «как обеспечивающая постоянную жизнедеятельность» благодаря функциональному насыщению территории общественно значимыми объектами. Поиск новых композиционных приемов размещения однотипных пятиэтажных домов на многокилометровой магистрали не мог однозначно дать положительных результатов. Проект застройки, разработанный архитекторами А.В. Годзевичем и В.Г. Каркарьяном, был принят за основу и дорабатывался с внесением значительных изменений куйбышевским институтом Промстройпроект (рис. 1).



Рис. 1. Улица Ю. Гагарина (1965 г.)

В последующем писали, что «застройка в начале 60-х гг. столь важной в структуре города магистрали в основном пятиэтажными домами неизбежно привела к снижению ее художественной выразительности. Большой «тираж» домов, фасады которых не отличались друг от друга, когда пространство двора и улицы становились, по существу, одинаковыми, привел к дисгармонии, монотонности и аскетичности, полностью отрицающим традиции предыдущего периода самарской архитектуры» [6, с. 269-270].

Производство сборного железобетона в Куйбышеве привело к значительному увеличению массового строительства и соответственно изменению эстетических принципов в зодчестве. В практической деятельности при проектировании происходит не только полный отказ от прежних общепринятых установок, но и выработка нового метода формирования архитектуры, архитектурной эстетики со стремлением достичь нового понимания единства художественно-образного, функционального и конструктивного начала, соответствующего лучшим образцам эпохи.

В застройке преобладали микрорайоны – единые жилые комплексы, включающие все объекты для удовлетворения насущных жизненных потребностей человека. Для проектного решения была выбрана линейная структура с концентрацией застройки вдоль ул. Ю. Гагарина как главной композиционной оси. Основные трудности – достижение равноценных условий доступности центров района, поэтому была предложена современная трактовка

– «...усложнение общей конфигурации линейного плана за счет развития поперечных связей, «свертывания» и взаимного наложения полос расселения» [3, с. 73]. Как особые акценты в поквартальной сетке, они затем появляются на ул. Ю. Гагарина: один на пересечении с ул. Карбышева, а два других – в начале улицы на самом высоком участке рельефа (рис. 2). Чуть позднее на этом месте был разбит небольшой сквер со стелой, украшенной барельефным изображением Ю.А. Гагарина. Жители города тогда вышли с предложением сохранить память о первом космонавте, который часто бывал здесь во время своих неоднократных визитов в г. Куйбышев.

На нижней террасе на пересечении с ул. Победы был спланирован еще один сквер с небольшим



Рис. 2. Застройка ул. Ю. Гагарина с включением девятиэтажных зданий

скульптурным объектом «Покорители космоса». Здесь же в окружении когда-то частных строений спроектировали парк «Дружба», в самом центре которого возвели кинотеатр. Напротив этого зеленого массива расположился сквер с памятником В.В. Маяковскому, примыкающий к жилым кварталам, созданным в 1940 – 1950-х гг., включая клуб «Заря» (арх. А.Г. Моргун, 1954) [7, с. 120] (рис. 3).



Рис. 3. Клуб «Заря» (арх. А.Г. Моргун, 1954)

В срединном течении улицы в качестве главной доминанты и соответственно композиционного центра предусмотрели возведение кинотеатра («Весна») (рис. 4) и универмага (филиал ЦУМ «Самара») [8, с. 42]. Таким образом, оказалась сформированной достаточно большая территория, включающая в себя объекты общественного назначения, которые развивались как зоны «социальной активности чело-



Рис. 4. Кинотеатр «Весна»

века».

Такие тенденции с применением в планировке и застройке наработанных приемов, определенных едиными строительными нормами и правилами, технологией строительства, были характерны для того времени, что вело к универсальности и созданию часто сходных внешне микрорайонов и кварта-

лов. Типовое строительство внедрялось повсеместно и отмечалось, что «...в конце 60-х годов были построены и здания общественного назначения из индустриальных панельных конструкций, предназначенные для обслуживания населения микрорайонов, – школы, дошкольные учреждения, магазины. В результате появилось стилевое единство в застройке микрорайонов...» [6, с. 272].

В целом – это время переосмысления накопленного опыта в претворении идеи создания социалистического мегаполиса. Развитие социологии города выдвигало на первый план такое понятие, как городская среда [9–13]. Экологи, в свою очередь, пришли к выводу о необходимости серьёзно заниматься условиями жизни человека в рукотворной природе города [14, с. 2], поэтому при разработке проекта особое внимание уделялось окружающей среде, сложившемуся ландшафту, опорной застройке, а также транспортной сети [16–20].

Застройка ул. Ю. Гагарина, относящаяся к 1960 – 1970-м гг., ориентировалась на модель создания микрорайона как первичного элемента планировочной структуры. Она была обусловлена плотностью жилого фонда с учетом возведения типовых зданий и в целом комплексной застройки с созданием благоприятных условий жизни, включая объекты обслуживающих учреждений (детские сады, школы, учреждения питания, торговли и бытового обслуживания). Организация интенсификации внутригородских связей как части общей системы мегаполиса, с обеспечением безопасности движения транспорта и пешеходов, решена на всем протяжении ул. Ю. Гагарина прокладкой транзитных магистралей – ул. Революционной, Авроры, Советской Армии. При проектировании особое внимание уделялось ориентации на особенности рельефа местности с формированием единой системы озеленения.

Первоочередными стали вопросы по организации функциональных процессов в жилой среде, обеспечению удобной транспортной и пешеходной доступности, созданию благоприятной и эстетически полноценной среды. Общее решение в силу ряда причин тяготело к монотонности ввиду применения типовых проектов в основном пятиэтажных зданий и, тем самым, нарушению формирования полноценной архитектурно-пространственной композиции. Важным условием целостности созданной композиции явилась соразмерность, гармоничность сочетания элементов в пространстве с тягой к симметричности пространственных структур.

Таким образом, обеспечивалось единство художественно-образного, функционального и конструктивного начала как значимых составляющих общего решения. Компактность композиционного построения при всей заданной линейности плана достигалась рациональным размещением акцентных элементов в застройке, организацией визуальных коммуникаций на всем протяжении «экспозиции»

с включением всех эстетически значимых объектов. Глубина застройки определялась в основном модульностью построения, равной панельному дому, что задавало интересный ритмический рисунок. Стилевое единство жилых и общественных сооружений задавалось общим подходом в использовании распространенных типовых индустриальных методов в строительстве. В обеспечении комфортности среды для жителей данного района немаловажную роль сыграло как «массированное озеленение» дворовых пространств, так и создание парков и скверов на всем протяжении ул. Ю. Гагарина. Дальнейшее развитие эта территория с созданием целостного микрорайона не получила, оставив на периферии пространства одноэтажные жилые дома с усадебными участками. Будущая реновация данной застройки, несомненно, может стать важным этапом в развитии одной из главных магистралей города как части общего композиционно-пространственного каркаса мегаполиса.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Синельник А.К. История градостроительства и заселения Самарского края. Самара: Агни, 2003. 228 с.
2. Самара-Куйбышев: Хроника событий. 1586–1986 гг. / под ред. Я.Г. Пылявского. Куйбышев: Книж. изд-во, 1985. 368 с.
3. Основы теории градостроительства / под. ред. З.Н. Яргиной. М.: Стройиздат, 1986. 326 с.
4. Павлов П.А., Журавлев А.М., Морозов А.И. и др. Очерки истории советского искусства. М.: Советский художник, 1979. 264 с.
5. Эволюция принципов формирования ансамблей московских жилых районов // Архитектурное творчество СССР / под ред. Ю. С. Яралова. Вып. 8. М.: Стройиздат, 1988. 181 с.
6. Каркарьян В. Г. Самара – Куйбышев – Самара, или Три портрета одного города. Самара: Арт Презент, 2014. 472 с.
7. Моргун А.Г. От крепости Самара до города Куйбышева. Куйбышев: Книж. изд-во, 1986. 224 с.
8. Востриков В.Н. Профессор Ваган Каркарьян / СГАСУ. Самара, 2015. 190 с.
9. Востриков В.Н. Стилистические и композиционно-художественные особенности сталинской эпохи в градостроительной системе главных самарских площадей // Известия Самарского научного центра РАН. Самара, 2012. Т.14, №2(6). С. 1593–1596.
10. Востриков В.Н. Градостроительная специфика формирования площадей исторического центра г. Самары XVIII–XIX вв. // Приволжский научный журнал. Нижний Новгород: НГАСУ, 2015. №2. С. 95–104.
11. Баранов Н.В. Композиция центра города. М.: Стройиздат, 1964. 194 с.
12. Основы градостроительства / под. ред. А.Г. Лазарева. Ростов-на-Дону: Феникс, 2005. 384 с.
13. Каркарьян В.Г. Река Волга – город Самара: Путешествие сквозь века. Самара: Агни, 2011. 304 с.
14. Гутнов А.Э., Глазичев В.Л. Мир Архитектуры – лицо города. М.: Молодая гвардия, 1990. 352 с.
15. Ушаков Ю.С., Славина Т.А. История русской архитектуры. СПб.: Стройиздат, 1993. 600 с.
16. Синельник А.К., Самогоров В.А. Архитектура и градостроительство Самары 1920-х – начала 1940-х годов. Самара, 2010. 228 с.
17. Александров В.Н. История русского искусства. Минск: Харвест, 2003. 736 с.
18. Шукурова А.Н. Архитектура Запада и мир искусства XX века. М.: Стройиздат, 1990. 320 с.
19. Кабкова Е.П., Львова Е.П., Сарабьянов Д.В. и др. Мировая художественная культура. XX век. Изобразительное искусство и дизайн. СПб.: Питер, 2007. 464 с.
20. Веретенников Д.Б. Предложения по структурно-планировочной реорганизации города Самары // Город в меняющемся мире: Межвузовский сборник научных трудов / СГАСУ. Самара, 1992. С. 34–42.

Об авторе:

**ВОСТРИКОВ Владимир Николаевич**  
доцент кафедры дизайна  
Самарский государственный технический университет  
Архитектурно-строительный институт  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194  
E-mail: vostrikovvn@yandex.ru

**VOSTRIKOV Vladimir N.**  
Associate Professor of the Design Chair  
Samara State Technical University  
Institute of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194  
E-mail: vostrikovvn@yandex.ru

Для цитирования: Востриков В.Н. Архитектурно-пространственное решение застройки Чёрновского шоссе города Куйбышева // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 68-71. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.12.  
For citation: Vostrikov V.N. Architectural-spatial solution for Chernovsk Highway building development (Yuriy Gagarin str.) // Urban Construction and Architecture. 2017. V.7, 3. Pp. 68-71. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.12.

С.А. МАЛАХОВ

## КОМПОЗИЦИОННЫЙ МЕТОД: АКТУАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ МЕГАОБЪЕКТА. ЗНАЧЕНИЕ И ПРОЦЕДУРЫ

COMPOSITE METHOD: MEGA-OBJECT MODEL UPDATING, ITS VALUE AND PROCEDURES

Рассматривается концепция мегаобъекта, представляющая собой пересмотр отношений между объектом и окружением с позиции активизации специфических индивидуальных действий проектировщика. Центральным аспектом концепции является индивидуально выполняемая модель фрагмента урболандшафта одной из ключевых подсистем среды. Выполнение этой модели прежде всего предусматривает достижение пластической целостности формы среднего фрагмента. В результате какой-либо отдельный объект, с позиции данной концепции, не может полноценно существовать, не будучи органичной частью этого целого. Все процедуры моделирования, разрабатываемые в предложенном автором композиционном методе, подчинены идее сборки или разрезки тела мегаобъекта. В этом типе действий композиционный метод видит свою органичную связь с искусством – пластическим, прежде всего. В статье подчеркивается значение деятельности Фрэнка Ллойда Райта как основоположника органичной архитектуры, приводится классификация мегаобъектов и рассматривается их зависимость от так называемой «Размерной Шкалы» композиционного метода проектирования.

**Ключевые слова:** композиционный метод, общий метод архитектора, мегаобъект, входящие объекты, урболандшафт, модель телесно-пластического образа, органическая архитектура, Фрэнк Ллойд Райт, ритмический куб, Размерная Шкала композиционного метода

Предлагаемый композиционный метод (КМ) архитектурного проектирования входит в систему различных авторских, или общепризнанных методов, в целом образующих современное содержание архитектурной деятельности. Это содержание – есть теория архитектурной деятельности, или – некий общий «метод архитектора» (МА), внутри которого происходит постоянное движение смыслов, переоценка постулатов или, наоборот, определяются, «по умолчанию», более или менее устойчивые «элементы метода» (как, например, знаменитая «триада Витрувия»).

Композиционный метод не стремится заменить (оспорить) существующие «внутренние методы» или элементы МА, а определяет свою специфическую область влияния на общегуманитарные задачи МА, не вызывающие в целом сомнений в их более или менее единодушном признании. Например, всегда при всем различии точек зрения было все же принято считать, что «город должен иметь идентич-

*The paper discusses the concept of mega-object, which is a review of the relationship between the object and the environment from the perspective of enhancing specific individual actions of the designer. The central aspect of this conception is an individually executed model of an urban landscape fragment, which is one of the key subsystems of the environment. The first thing that this model does is to achieve the plastic integrity of the form of an environment fragment. As a result, from the perspective of this concept, some single object cannot be fully effective without being an integral part of this whole. All modeling procedures developed in the composite method introduced by the author are subordinated to the idea of assembling or cutting the body of mega-object. The composite method here serves as an organic link to art, first of all, to plastic art. The article emphasizes the importance of Frank Lloyd Wright's activities as the founder of an organic architecture, gives a classification of mega-objects and describes how they are dependent on the so-called "Size scale" of the composite method design.*

**Keywords:** Composite method (CM), general architect method (AM), mega-object, inbound objects, urban landscape, model of a bodily-plastic image (MBPI), organic architecture, Frank Lloyd Wright, rhythm cube (RC), dimension scale of the composite method

ный целостный образ», гармонично связанный с природным ландшафтом. Разумеется, наличие этого общего посыла, ценностно наполняющего установки МА, не избавляет весь процесс практики и сопровождающих ее дискуссий от возникновения достаточно контрастных «расшифровок», к числу которых можно отнести, например, мнение Колхааса о том, что город больше не представляет единого целого.

«Можно сказать, – заявляет Колхаас в своей лекции, прочитанной в ЦДА в 2002 г., – что мы потеряли возможность планировать город как единый комплекс. Но также можно сказать, что мы приобрели возможность соединять друг с другом все что угодно» [1].

В связи с сохраняющимся напряжением в диалоге (или в столкновении) точек зрения на «разные типы целостности», композиционный метод стремится к определению своего специфического взгляда на этот процесс. Для КМ важно признать, что среда, хотя и представляет естественно складывающийся

коллаж, сами составные элементы подобного коллажа должны превышать размеры отдельно взятых зданий, на «шуточное» проектирование которых сегодня все более ориентируется процесс архитектурной практики и архитектурного образования [2].

Преобладающим ориентиром для КМ является деятельность любого отдельно взятого архитектора или студента, погруженного в создание персональной поисковой модели фрагмента урбандиафрагмента – достаточно большого, чтобы сложилось полноценное зрительное впечатление о существовании гармоничной среды. Соответственно сама эта модель хотя и «стремится» к воплощению в виде целостной и идентичной локальности, понимаемой в КМ как средовая архитектурная форма, ее независимое существование всегда имеет статус «относительно устойчивого результата» (рис. 1). Этот феномен объясняется тем, что на одну и ту же среду могут накладываться множество «авторских моделей», обладающих собственной «культурной реальностью» (реальностью моделей), в разной степени признаваемой «всеми» (рис. 2).

Для того чтобы не размывать характеристики подобной среды в непрерывной полемике, достаточно сослаться на существующие примеры «целостной формы локальности», общепризнанные в качестве культурных ценностей. Многие из этих примеров – следствие эволюционного процесса развития места (панорама Флоренции) [3], а иные – результат определенного персонального усилия архитектора (Центр Гети Ричарда Мейера) [4].

В композиционном методе (КМ) выбор подобных примеров «гармоничных локальностей» приравнивается к артикулированным средовым фраг-

ментам, или – мегаобъектам. Мегаобъект, с позиции КМ, должен, во-первых, обладать признаками самостоятельного и достаточно протяженного средового анклава, а во-вторых, соответствовать, по своим реальным размерам, возможностям персонального авторского моделирования, обусловленного задачами и возможностями тактильного, ручного взаимодействия с моделью [5] (рис. 1, 2 в, 3).

Тот факт, что в КМ происходит актуализация мегаобъекта, говорит об аксиологической предопределенности метода: среда для КМ важнее, чем отдельный объект. Композиционный метод предлагает вернуться к рассмотрению взаимосвязей между объектом и окружением, оценивая композицию и пластические искусства в качестве первоначального инструмента формообразования. В методологическом смысле это означает, что архитектура должна сохранить за собой прерогативу одного из основополагающих видов искусства, так как сама процедура поиска образа и пластического единства средового фрагмента основана не на вычислениях и алгоритмах технического свойства, а на интуиции, художественном воображении и телесно-чувственном опыте автора проектной модели. Так считает Ю. Палласма [6], и к такому же выводу, несмотря на разработанную им математическую систему пропорций, пришел Ле Корбюзье, например, в процессе разработки своего знаменитого проекта для Чандигарха [7]. Впрочем, современные примеры мегаобъектов могут иметь более сложную конструкцию и происхождение, так как вынуждены вживаться в уже существующие системы урбандиафрагмента.

Несмотря на тот факт, что существование мегаобъекта как идентичного и ограниченного фрагмента



Рис. 1. С. Малахов, А. Раков, А. Шерешевский. Концепция регенерации музейно-туристического кластера «Хлебная площадь»

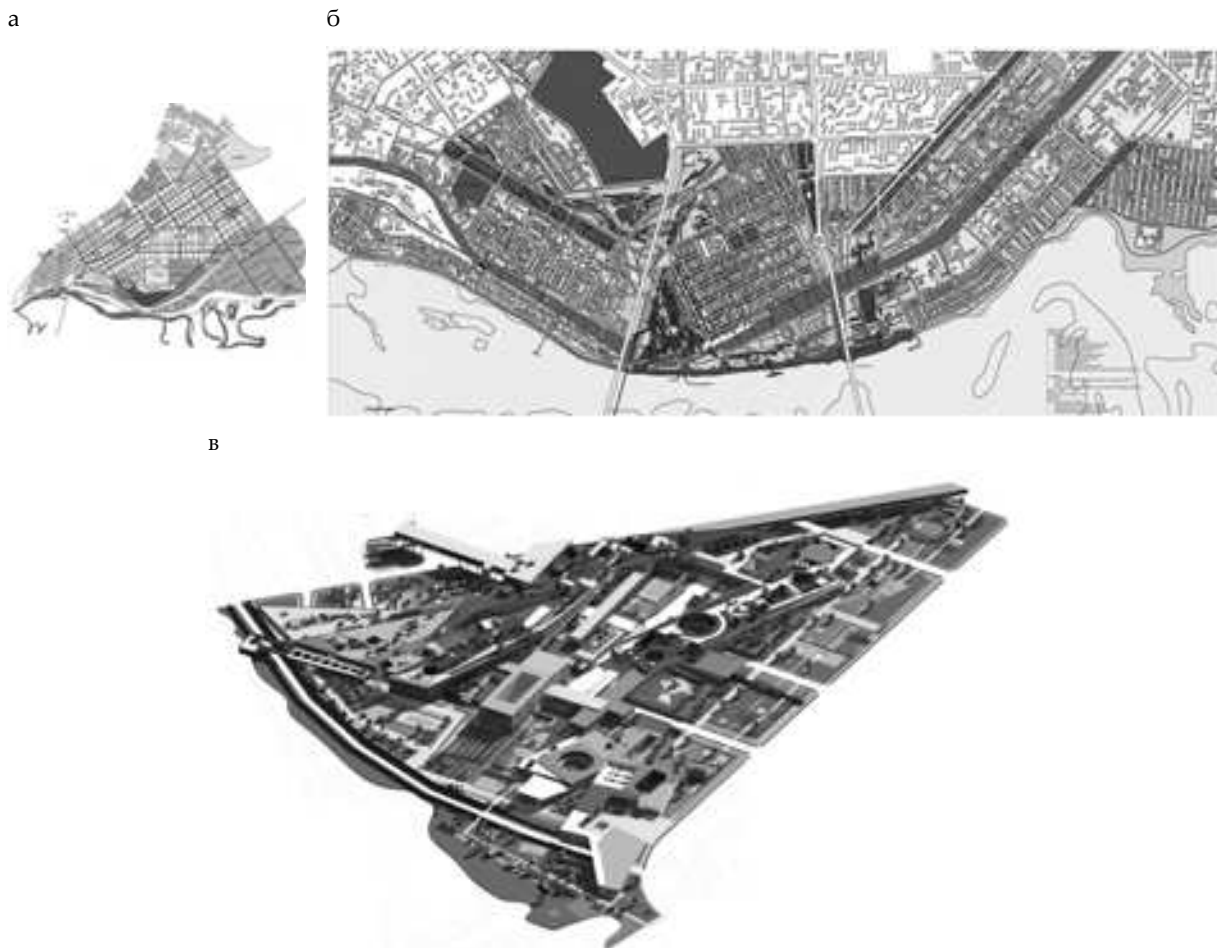


Рис. 2. Е. Адамова. Руководители: С. Малахов, Е.Репина.  
 Стадии последовательного увеличения масштаба и индивидуальной  
 поисковой модели мегаобъекта – фрагмента урболандшафта:  
 а – Самара. Масштаб города; б – посёлок Толевый. Масштаб регенерируемого поселения;  
 в – общественно-образовательный кластер

бесконечной среды оправдывается не только необходимостью создания целостного образа и представлением о мегаобъекте как о самодостаточной локальности (своего рода микрополисе), для композиционного метода на первый план выдвигаются задачи целостной формы, артикулированной на основе реальных или воображаемых границ. Впрочем, оба типа границы одинаково артикулируются в поисковой модели.

Реальные границы мегаобъекта совпадают, к примеру, со стенами или периметром компактного античного или средневекового города (Иерусалим – рис.1; Каркассон), города-острова (Линдау), экологического поселения («Дэй Гилберт» [8]), исторического квартала, микрорайона внутри магистралей, плана «идеального города» («идеальные города» П. Катанео, Д. Вазари, В. Скамоцци (рис. 4, 5); и др.) [10]. Воображаемые границы могут быть обусловлены субъективным отбором автора модели (объект плюс окружение), фотографии вида или пейзажа (см. В. Поленов «Московский дворик», И. Левитан



Рис. 3. Процесс моделирования мегаобъекта.  
 Взаимосвязь размеров мегаобъекта и его поисковой модели  
 (макет С. Боранова)

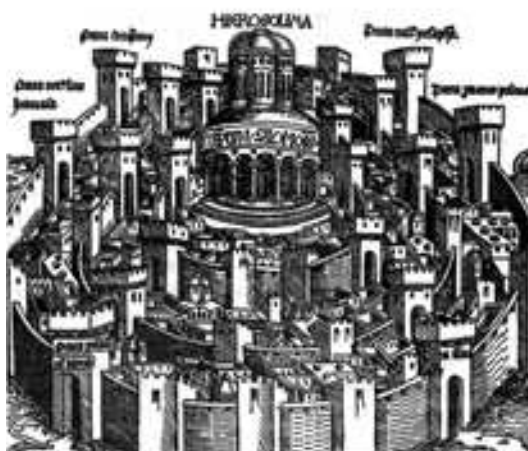


Рис. 4. Совпадение границ мегаобъекта с реальными границами исторического поселения. Иерусалим, немецкая гравюра XV в.

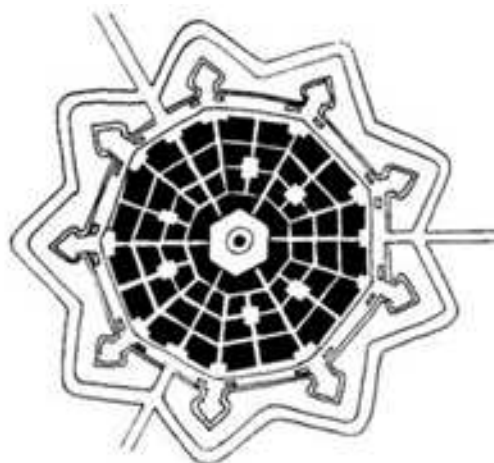


Рис. 5. Идельный город «пальмо Нуово». Виченцо Скамоцци

«Вечерний звон», А. Маковская «Пейзаж с церковью» и др.) [9]. В любом случае автор проектной модели мегаобъекта самостоятельно определяет пространство эффективного взаимодействия объекта и окружения и устанавливает границы мегаобъекта, – пусть даже эти границы будут далее трансформированы в связи с возникновением или новых обстоятельств реальности, или иных моделей, интерпретирующих другие пластические концепты (рис. 6).

По сути, каждый генеральный план отдельно проектируемого здания, следуя концепции КМ, должен разрабатываться как мегаобъект, а не как «техническое приложение» к рабочему проекту объекта. Но для этого необходимо саму модель генерального плана «замыслить» как некое пластическое тело. В определенной степени речь идет о модели телесно-пластического образа (МТПО), являющейся скульптурным или живописно-графическим прообразом проекта. Подобная модель должна предшествовать детальной разработке объекта и включать в себя обобщенные элементы рассматриваемого (проектируемого) фрагмента урбандиафрагмы [10] (рис. 7).

В композиционном методе образы входящих объектов мегаобъекта (частей в системе целого) оказываются следствием или причиной телесно-пластической разработки всей формы мегаобъекта.

С точки зрения скульптурного опыта моделирования, интерпретированного в методике поисковых макетов с применением различных материалов, адаптируемых рукой, части целого, или «входящие объекты» – как они именуется в КМ – могут быть следствием «разрезки» тела мегаобъекта на основе интеграции трехмерных метрических или ритмических сеток. В обратном движении моделирование общей формы мегаобъекта может становиться следствием сборки его пластического тела из самостоятельных элементов – исходных объектов (рис. 8).

Кроме названной трансляции двух подходов к формированию образов мегаобъекта и его частей,

в композиционном методе предлагается классификация мегаобъектов по морфологическому признаку на три группы:

1. Мегаструктура – это мегаобъект, демонстрирующий непрерывность материальной системы как стилистический принцип.

2. Архипелаг – мегаобъект, форма которого отражает идею дискретности независимых входящих объектов.

3. Остров – мегаобъект, являющий образ контрастной оппозиции единственного входящего объекта и окружения.

Одновременно образ мегаобъекта и его входящих объектов детерминируется характером используемого в модели материала (глина, фанера, гипс, картон, металл и др.) и масштабом, т.е. степенью детализации и проработки языка входящих объектов.

Урбандиафрагма в композиционном методе трактуется как намеренное сплочение массы природного слоя и искусственных элементов. С этой позиции уже не так актуальны классические понятия, относящиеся к таким отдельным подсистемам, как природный ландшафт, город, поселение и т.п. Урбандиафрагма подразумевает одинаково внимательное отношение к объединяемым компонентам – искусственным и природным: одно без другого больше не актуально, а значит – одно усиливается другим.

Те взаимосвязи внутри мегаобъекта, которые в большой реальности (БР) не выявляются в виде очевидных материальных элементов и должны распознаваться через специфические возможности подготовленного восприятия, в системе моделей могут предъясняться через пластическое обобщение в макетах, или структурные линейные построения в графике. Ле Корбюзье называл подобные линии – «регулирующими» [8].

Телесность является наиболее существенным аргументом в защиту существования моделей мегаобъекта. Модели мегаобъекта в разработке группы



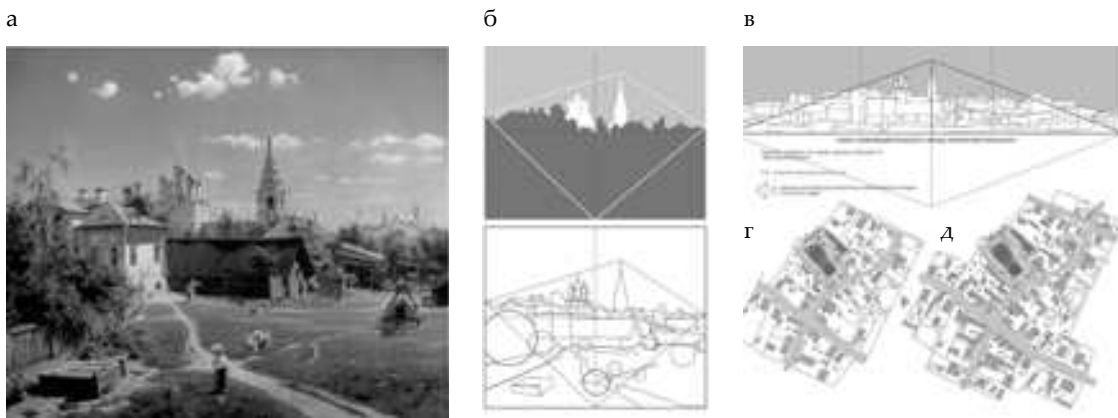


Рис. 6. С. Малахов, К. Никонов. Эксперимент по преобразованию перспективного изображения (картины В. Поленова) в панораму и планы мегаобъекта с установлением размеров, позволяющих сохранить гармоничную среду локальности (фрагмента урбандошфта мегаобъекта): а – В. Поленов. Московский дворик; б – зафиксированные в картине границы локальности (мегаобъект); в – предельные границы локальности мегаобъекта, позволяющие сохранить целостность среды; г – реконструкция возможного плана локальности (мегаобъекта) на основе размеров в картине; д – вообразаемый план локальности (мегаобъекта) в результате расширения границ

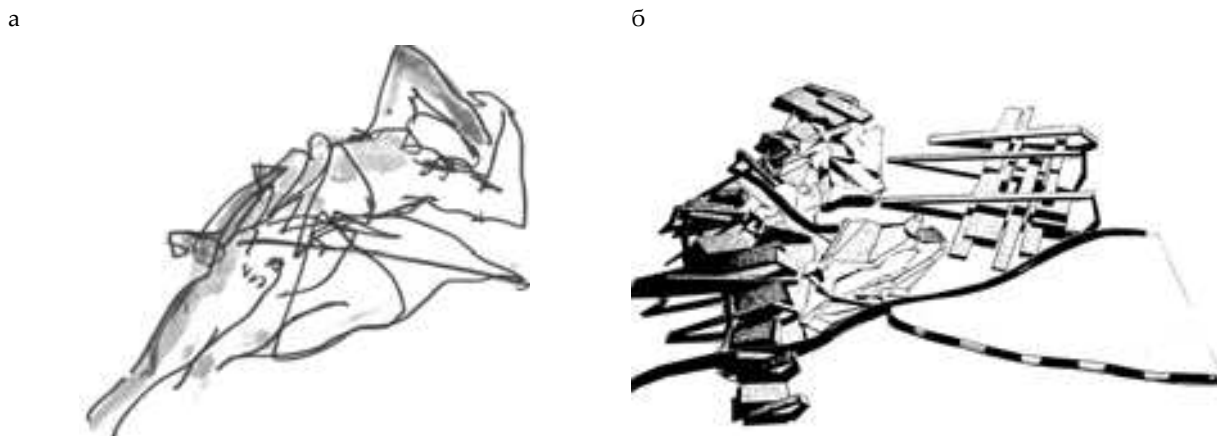


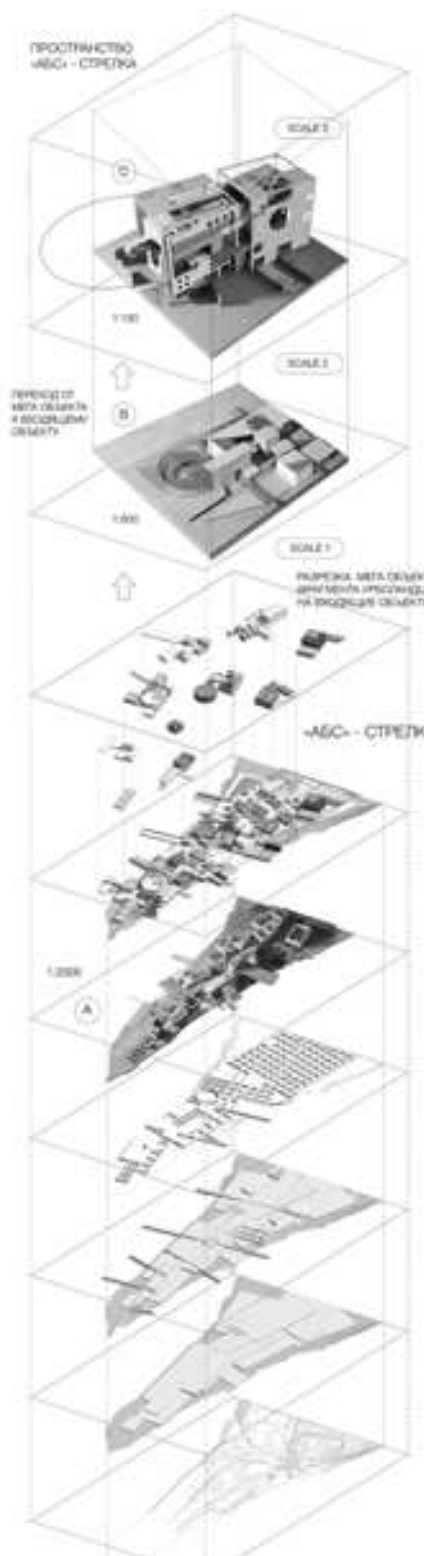
Рис. 7. Модель телесно-пластического образа объекта (МТПО): а – С. Малахов. Фигура человека как прототип МТПО; б – К. Алексеева. Интерпретация прототипа – МТПО как начальная стадия разработки формы мегаобъекта

«Морфозис» буквально оторваны от своих подставок с тем, чтобы продемонстрировать автономность проектируемого средового фрагмента [11]. Телесная автономность, в свою очередь, инициирует и как бы делает более закономерным возникновение и существование полиса и автономного сообщества (локальности, микрополиса) (рис. 9).

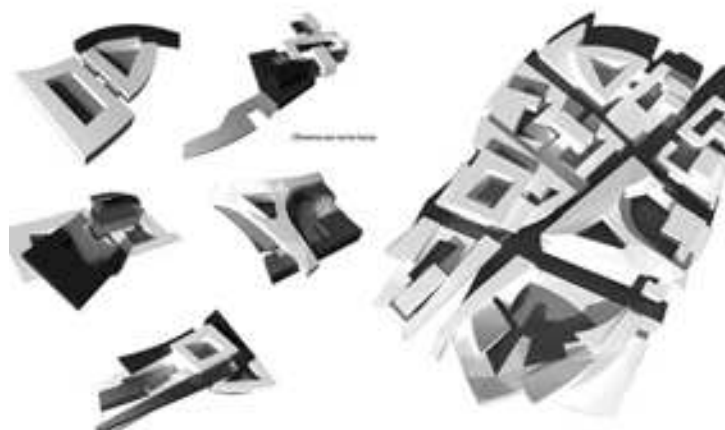
Форма, присущая мегаобъектам, характеризуется в КМ как «плоское пластическое тело», но это лишь означает, что горизонтальные координаты модели доминируют над вертикальными (см. рис. 7). Подобный выбор предопределен в КМ ссылками на «привычный образ природного ландшафта», с которым в мегаобъекте сливаются архитектурные сооружения, превращаясь в нечто единое. Горизонталь в этих привычных образах доминирует над вертикалью. Выявленный горизонт присущ идеологии «органичной архитектуры» Фрэнка Ллойда Райта. А.Ф. Гольдштейн отмечает: «В композициях «домов прерий» потому и подчеркнута горизонтальность,

что благодаря этому они, по замыслу Райта, должны были гармонировать с широкими просторами равнин ...[12]. Телесность природного ландшафта воспринималась Райтом как естественное продолжение телесности объекта, образующая вместе единое целое. «Связь здания с окружением Райт имел в виду только как связь с ландшафтом» [12]. В его концепции важно то, что он перестал рассматривать дом как замкнутый на себе типологический феномен, а перешел к аранжировке пространственных, пластических, конфигуративных и структурных сюжетов. Форма его объектов как бы угадывает не всегда очевидные «силовые линии» ландшафта, расположение поверхностей ландшафта, их взаимный ритмический строй, векторы световых потоков, а также выстраивается в гармоничной бинарной оппозиции природной и искусственной пластики, иррационального и рационального. В контексте бинарных оппозиций Райт открывает роль оппозиции внутренней структуры и оболочки: внутренняя

а



б



в

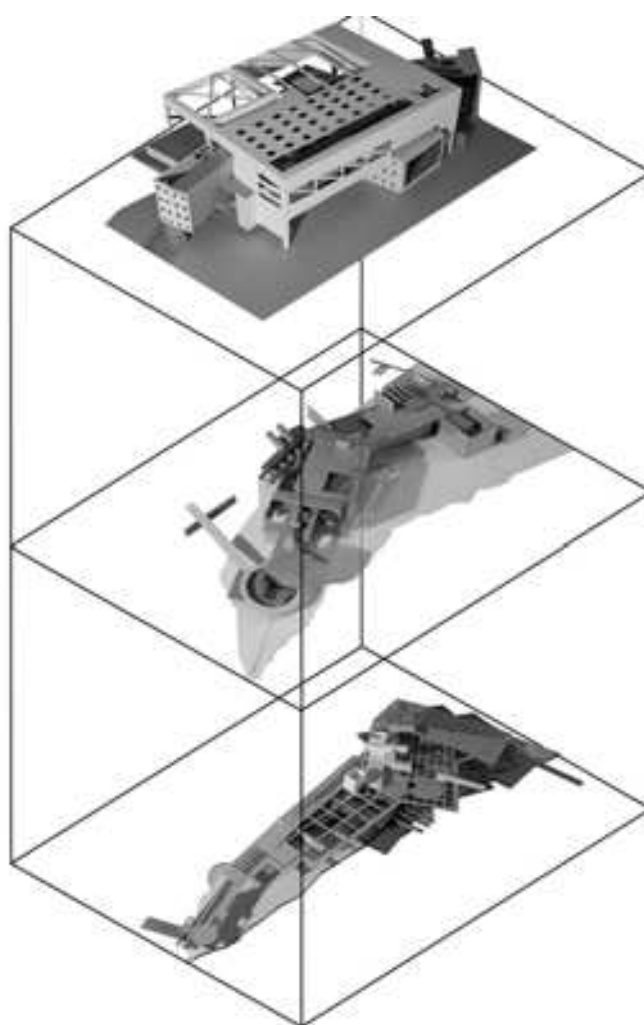


Рис. 8. Модели взаимосвязи мегаобъекта и входящих объектов. Изменение масштаба модели при сохранении размеров индивидуального операционного пространства. Демонстрация «разрезки» модели мегаобъекта на входящие объекты: а – С. Боранов. Центр Ференца Листа на территории Самарской стрелки; б – Я. Рябченко. Квартал нового поселения в Самаре; в – К. Акимова. Школа Шкиперов на Самарской стрелке

структура развивается динамично из центра креста, как и положено супрематической форме, что в дальнейшем будет продемонстрировано в живописи Малевича [13] и в планах «кирпичных вилл» Мис ван дер Роэ [14], а внешняя форма может подстраиваться под очертания рельефа, а в некоторых объектах – вообще преобразуется в геометрический кокон.

Последователи Райта – по разному выражают приверженность идее интеграции объекта и окружения. В книге Магги Той «Органическая архитектура» представлена серия проектов, развивающих идеи основоположника с соблюдением изложенных выше принципов формообразования, но результаты уже воспринимаются по-другому [15]. Райт обозначил принципы слияния и взаимной интеграции объекта и окружения, но он решительно оставлял за скобками такой процедурный момент, как создание модели самостоятельного тела мегаобъекта. Похоже, что его склонность к презентации объекта в жанре классической перспективы (популярное изображение «Виллы над Водопадом») явилась следствием чрезмерного доверия к идее безграничности природного окружения. Однако у мегаобъекта все же границы должны быть выявлены, потому что иначе объект лишь условно соединяется с окружением: он соединяется лишь в той степени, в какой гармония целостной формы

предопределяется гармонией пейзажного вида с одной зафиксированной позиции зрителя (рис. 10).

Именно по этой причине уже в более поздний период относительно первых «домов прерий» Райта в архитектурный метод начинает активно внедряться «средневековое» телесное восприятие и репрезентация мегаобъекта в виде аксонометрий и макетов. Аксонометрия, как считает Элан Колкыхоаун, явилась попыткой архитекторов европейского авангарда вернуться к всестороннему проникновению в пространство объекта, что, в свою очередь, могло еще больше инициировать развитие неопластического языка [16].

Проекты мастерской “MR” (руководители профессора С. Малахов и Е. Репина), проводимые на протяжении более 15 лет, включали, в числе многих разработок [17], эксперименты с созданием моделей мегаобъекта. Применяемая в них методика подразумевала, что любой конкретный объект, располагаемый на выбранной территории, есть результат взаимоотношений между целым и его входящими элементами. Эти входящие элементы могут осмысливаться или как следствие «разрезки» модели мегаобъекта, или как реакция на процедуру «сборки» из разных условно независимых частей в некое общее целое (см. рис. 8).

Осознанию взаимосвязи целого и частей (мегаобъекта и входящих объектов) способствуют две кон-



Рис. 9. Телесная автономность архитектурной формы мегаобъекта. Модели группы «Марфозис». Соединение ландшафта и объекта в единое пластическое тело: а – Эмерсон Колледж, Лос-Анджелес; б – вилла «Rockledge»; в – банк «Гиппо-Эппл-Адра», Австрия



Рис. 10. Ф.Л. Райт. Вилла «Дом над водопадом» (Вилла Кауфмана): а – общий вид виллы; б – план виллы (Ф.Л. Райт демонстрирует интеграцию объекта и окружения); в – эскиз виллы (Ф.Л. Райт демонстрирует приоритет перспективы в проектом методе)

цепции, разработанные в рамках композиционного метода: 1) концепция «моделей телесно-пластического образа» (МТПО) [11] (см. рис. 7); 2) концепция «ритмического куба» (РК)- условного универсального пространства, последовательно преобразуемого в элементы одного и того же мегаобъекта, но с изменением масштаба, а соответственно – иерархического положения элемента в «размерной шкале» [8, 10] (см. рис. 8).

Разумеется, те модели, которые выполнены в макете, далее – на стадии презентации или представляются с помощью 3D моделей, или эти модели чередуются с фотографиями макетов и чертежами. Все это делается для того, чтобы в опыте архитектора не исчезала визуализированная экстерииризованная подоснова «внутренних ожиданий, чувств и прогнозов» в отношении судьбы средового фрагмента, и деятельность архитектора не редуцировалась до штучной продукции, индифферентной в отношении общего образа окружения, его идентичности, истории, «культурного состояния места» [18].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колхаас Рэм. Лекция в ЦДА // Проект International. 2002. №3.
2. Малахов С.А. Кризис среды как основание для выдвижения концепции композиционного метода проектирования // Градостроительство и архитектура. 2016. № 1(22). С.80–84. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.01.13.
3. Bacon Edmund N. Design of cities. Penguin Books, 1976.
4. Jodidio Philip. Richard Meier. Benedikt Taschen, 1995.
5. Малахов С.А., Репина Е.А. Пространство города и квартиры. Взаимосвязь проектных задач. Эксперимент по инновационному проектированию. Ч. 1. Самара, 2011.
6. Pallasmaa Juhani. The Thinking Hand. Existential and Embodied Wisdom in Architecture. John Wiley and Sons Publication. England, 2009.
7. Ле Корбюзье. Тайны творчества. Между живописью и архитектурой. 1887– 1965 / сост. и науч. ред. каталога – Жан-Луи Коэн. М.: ГМИИ им. А.С. Пушкина, 2012.
8. Малахов С.А., Никонов К.Н. Дэй Гилберт. Концепция эко-поселения. Екатеринбург: TATLIN, 2014.
9. Малахов С.А., Никонов К.Е. ГИЭПОЛИС: гармоничное и эффективное поселение / СГАСУ. Самара, 2014.
10. Malakhov S.A. The concept of a model of plastic bodily image in architecture. MATEC Web of Conferences. Volume 106, 01025 (2017).
11. Morphosis. Buildings and Projects. 1993-1997. Essays by Thom Mayne, Tony Robins, Anthony Vidler. N.Y. Rizzoli, 1999.
12. Гольдштейн А.Ф. Франк Ллойд Райт. М.: Стройиздат, 1973.
13. Малевич Казимир. Черный квадрат. СПб.: Азбука, 2001.
14. Blaser Werner. Mies van der Rohe. Birkhauser Verlag, Basel-Boston-Berlin, 1997.
15. Toy Maggie. Organic Architecture. Subtlety and Power. In “Organic Architecture. “Architectural Design”, Vol. 63 #11/12, November-December 1993. Pages 6–7. Academy Editions. London, 1993.
16. Colquhoun Alan. Collected essays in architectural criticism. Introduction by Kennet Frampton. Black Dog Publishing. London. UK. 2009.
17. Малахов С.А., Репина Е.А. TATLIN MONO. Учебная мастерская Сергея Малахова и Евгении Репиной. Екатеринбург: Татлин, 2014.
18. Norberg-Schulz, Christian. Genius Loci. Towards a Phenomenology of Architecture. N.Y. : Rizzoli, 1980.

Об авторе:

#### МАЛАХОВ Сергей Алексеевич

кандидат архитектуры, профессор, заведующий кафедрой инновационного проектирования, профессор кафедры градостроительства Самарский государственный технический университет Архитектурно-строительный институт 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (846) 340-02-31 E-mail: s\_a\_malahov@mail.ru

#### MALAKHOV Sergey A.

PhD in Architecture, Professor of the Town Planning Chair, Head of the Innovative Design Chair Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. (846) 340-02-31 E-mail: s\_a\_malahov@mail.ru

Для цитирования: Малахов С.А. Композиционный метод: актуализация модели мегаобъекта. Значение и процедуры // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 72-79. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.13.

For citation: Malakhov S.A. Composite method: mega-object model updating, its value and procedures // Urban Construction and Architecture. 2017. V. 7, 3. Pp. 72-79. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.13.

М.Е. МОНАСТЫРСКАЯ  
О.А. ПЕСЛЯК

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДЕЛИМИТАЦИИ ГРАНИЦ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

MODERN APPROACHES TO THE DELIMITATIONS OF URBAN AGGLOMERATIONS

*Анализируются и обобщаются подходы к делимитации границ городских агломераций, сформированные европейской наукой и практикой. Изложены результаты сущностно-дефиниционного анализа понятий «городская агломерация», «урбанизированная территория», «метрополитенская территория», «урбанизированный регион», «метрополитенский регион». Классифицированы основные алгоритмы делимитации границ городских агломераций, применяемые в сферах урбанографии, управления, статистики, экономической географии. Выявлены актуальные тенденции совершенствования методик делимитации границ агломераций, предлагаемые европейскими исследователями.*

**Ключевые слова:** городская агломерация, урбанизированная территория, метрополитенская территория, урбанизированный регион, метрополитенский регион, делимитация границ

Проблема формирования и развития городских агломераций как специфических «форм территориального устройства» [1] является одной из ключевых в современной российской градостроительной науке и практике. В этом смысле актуальным представляется рассуждение Е.А. Ахмедовой о том, что дальнейшее развитие крупных градостроительных образований «невозможно адекватно осознать» и предугадать, «полностью не освоив на современном этапе определяющее профессиональный подход к градорегулированию «агломерационное видение» [2]. Реализация агломерационной модели как в реальной практике градостроительства, так и, например, в амбициозной утопической концепции приоритетного развития 20 крупнейших городов России [3], предполагает в первую очередь формирование теоретических и методологических основ делимитации границ городских агломераций. Высокие темпы и изменение характера развития урбанизационных процессов в нашей стране, обусловленные радикальной трансформацией социально-экономических условий градостроительной деятельности, диктуют необходимость освоения и создания самых современных методов определения границ агломераций с учётом постоянно меняющихся предпосылок их формирования, относительной стабилизации и развития.

*The approaches to delimitation of urban agglomerations formed by European science and practice are analyzed and summarized in the present work. The essential definitional analysis of the concepts of «urban agglomeration», «urban area», «metropolitan area», «urban region», «metropolitan region» is conducted. The main algorithms of delimitation of urban agglomerations used in the fields of urbanology, management, statistics, economic geography are classified. The current trends in the development and improvement of methods of delimitation of agglomerations proposed by European researchers are identified.*

**Keywords:** urban agglomeration, urban land, Metropolitan area, urban region, Metropolitan region, borders delimitation

В этой связи опыт европейских ученых в сфере разработки методов делимитации границ городских агломераций, а также их успешного применения может оказаться полезным и послужить неким дополнительным импульсом для осознания и дальнейшей проработки данной проблемы применительно к специфике российского градообразования.

Процессы агломерирования поселений, развития урбанизированных и иных «вовлекаемых в агломерацию территорий» [1] являются предметом изучения европейских научных школ градостроительства и урбанографии, а также ряда смежных научных дисциплин: социально-экономической географии, экономики градостроительства, демографии и социологии города, культурной географии, государственного и муниципального управления и др. Актуальные аспекты делимитации границ городских агломераций рассматриваются в исследованиях Н. Андерссона, А. Ареллано, Д. Баттена, Р. Боа, М. Вледена, Л. Герцога, Ж. Ле Гле, К. Забеля, Х. Приемуса, В.А.В. Кларка, Т. Кциз, Р. Фишманна, П. Холла, П. Хохенберга и других ученых.

Большинство крупных европейских городов на протяжении веков развивались по традиционной пространственно-планировочной модели, представляя «собой совокупность мест, структура которых выражается в отношениях «центра» и «периферии» [4].

В XX в. процессы урбанизации характеризовались активным ростом внутригородских территорий; при этом стремительное развитие транспортно-инженерной и социальной инфраструктур позволило значительной части городского населения проживать в «пространствах-местах», прежде считавшихся пригородными или сугубо сельскими, сохраняя при этом ранее обретенные и «накатанные» связи с городскими центрами. Это явление наблюдается практически в каждой европейской стране, несмотря на особенности протекания урбанизационных процессов, присущие не только отдельным национальным государствам, но и регионам (субрегионам) в пределах одной страны.

Программа Организации объединенных наций по населенным пунктам ООН-Хабитат определяет термин «городская агломерация» как непрерывно застроенную территорию с плотностью населения, установленной для городских территорий, без учета административных границ [5].

Данное определение раскрывается совокупностью следующих положений:

- в городскую агломерацию могут включаться различные административно-территориальные единицы: от крупных городов до маленьких поселков городского типа с низкой плотностью населения;

- средняя плотность населения агломерации должна превышать уровень, установленный для сельских зон;

- составляющие городскую агломерацию населенные территории должны формировать функционально целостный урбанизированный регион, включающий наличие социальных, торговых, транспортных коммуникаций, внутренней миграции, средств связи и т.д.

В научной литературе для описания феномена агломераций наиболее часто применяются следующие понятия (и соответствующие им научно-практические категории): «городская агломерация», «урбанизированная территория», «метрополитенская территория», «урбанизированный регион», «метрополитенский регион». Сегодня в мировом научном пространстве пока не сформирована единая терминологическая база, полно и точно характеризующая указанные явления. В странах Азии, Америки, Европы данные понятия оформились исходя из различных предпосылок, поэтому для обоснования возможности изучения, сопоставления и использования опыта зарубежных градостроителей по планированию и проектированию территорий городских агломераций необходимо раскрыть сущность применяемых ими терминов. Анализ терминологии, используемой в современных исследованиях европейских авторов, позволяет выявить свойства указанных понятий, весьма характерные для градостроительной теории и практики стран западной и северо-восточной Европы.

Под «урбанизированной территорией» евро-

пейские градостроители обычно понимают результат реализации исключительно морфологического подхода к анализу городских ландшафтов. Ж. Ле Гле прямо указывает, что границы урбанизированной территории определяются в соответствии с непрерывностью застройки и высокой степенью связности городской ткани, и сознательно вычленяет в ее пространственной структуре территории общего пользования (улиц и магистралей, наружного освещения, канализационных коллекторов, иных инженерно-технических систем и пр.) [6].

Городская агломерация как сложноорганизованное явление, согласно определению Т. Кциз, представляет собой:

- урбанизированную территорию, объединяющую города, поселки и сельские населенные пункты;

- градостроительную структуру, включающую в себя ядро и его окружение – периферийную (пригородную) территорию, непосредственно соединенную с ядром;

- пространственную форму, компактную и непрерывно застроенную (рис. 1) [7].

«Метрополитенская территория» трактуется европейскими исследователями как территориальная система расселения, обладающая следующими качествами:

- наличием тесных социально-экономических взаимосвязей между урбанизированными территориями и городским ядром;

- наличием развитой подсистемы ежедневных (маятниковых) передвижений населения между местами проживания, работы, отдыха и общественной жизни;

- наличием экзогенных связей центра с окружающей его сетью исторически обустроенных и новых поселений [6, 8, 9].

Таким образом, понятие «городская агломерация» в европейской градостроительной науке относится к развитой стадии системы расселения и отображает преимущественно морфологические характеристики освоенной в хозяйственных, производственных, социальных и иных целях территории, в то время как понятие «метрополитенская территория» подразумевает формирование пространственно-функциональной единицы, близкой по своей сути к идее «города-региона».

Понятие «метрополитенский регион» распространяется, как правило, на территорию, в границах которой осуществляется региональное планирование. Границы такого региона устанавливаются на основе выделения метрополитенской территории с приведением к границам или в границах административно-территориальных единиц (рис. 2) [6].

Понятие «урбанизированный регион» возникло в силу распространения на ближних подступах к городским агломерациям и в границах ареалов сельского расселения процесса субурбанизации. Это явление трактуется европейской урбанистикой

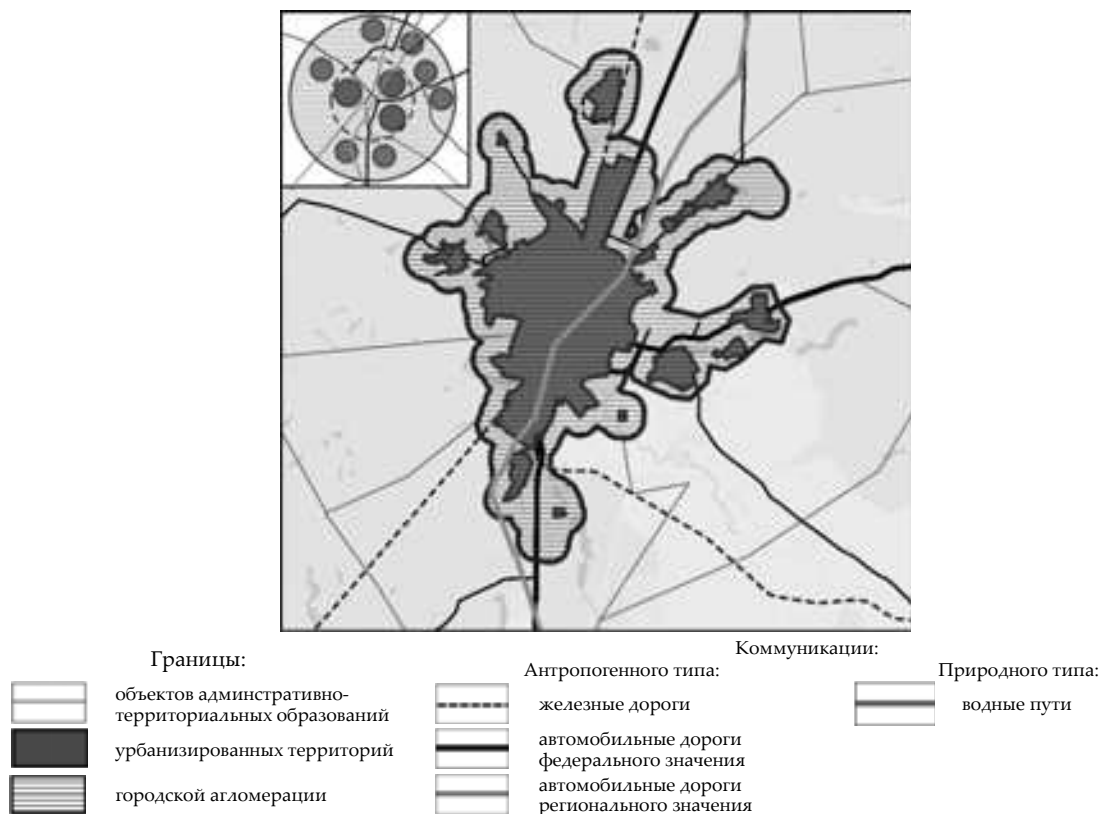


Рис. 1. Формирование границ городской агломерации на основе морфологического подхода

как конгломерат городских агломераций и окружающих их сельских поселений, объединенных значительным количеством функциональных взаимосвязей [7].

Таким образом, все рассмотренные понятия в той или иной степени относятся к понятию «агломерация» и одноименному явлению, однако фиксируют различные этапы, аспекты и «срезы» его формирования и развития.

В европейских странах уже разработаны и эффективно применяются теоретические и эмпирические подходы к делимитации границ городских агломераций.

Первая группа методов используется для определения границ городских агломераций в статистических целях. К ней относятся: метод «реальной границы», метод делимитации границ на основании данных землепользования и плотности населения, метод делимитации границ по критерию городской популяции.

Метод «реальной границы» состоит в демаркации территории на основе топографической карты или спутниковых снимков. Решающую роль здесь играет установленный в качестве базового критерий 200-метрового разрыва между группами зданий [9]. В различных странах Европы этот показатель минимальной дистанции варьируется. Так, в Великобритании он составляет 50 м, в Дании, Финляндии и

Швеции – 200 м, но при необходимости может быть уменьшен или увеличен. Данный метод используется обычно для выявления границ агломераций, располагающихся в границах более чем одной административной единицы. Так, во Франции, согласно результатам применения данного метода, насчитывается 896 агломераций, состоящих в административных границах более чем одной коммуны [7].

Во втором методе основными критериями делимитации выступают плотность населения и тип землепользования. Как правило, показатель плотности населения устанавливается «не меньше 10 человек на гектар» [9]; при этом площадь застроенных территорий должна составлять не менее 50 % от общей площади в пределах городской черты. К застроенным территориям, согласно указаниям Статистического управления Европейских сообществ (EuroStat) [10], относятся:

- жилые и промышленные территории, участки коммерческих зданий, фабрик, складов, административных зданий, церквей;
- территории парковок, парков, садов;
- территории магистралей, дорог, улиц; водных объектов, берега которых сообщаются друг с другом посредством мостов или паромов; участки аэропортов;
- участки парков развлечений, спортивных площадок, кладбищ и т.д.



Рис. 2. Формирование границ метрополитенской территории и метрополитенского региона

Застроенные территории и участки, расстояние между которыми не превышает 100 м, европейцы, как правило, объединяют. Последним этапом делимитации границ агломерации, согласно этому методу, является расчет плотности населения, приходящейся на один гектар ее территории, а также расчет плотности населения с использованием модульной сетки (квадрат со сторонами 500 x 500 м) [9]. По мере приближения к границам территории агломерации плотность населения должна уменьшаться, что называется, по определению.

Третий метод, получивший название «Определение городской популяции», выявляет границы агломерации по административно-территориальному признаку [9]. В данном методе территорию муниципалитета относят к территории агломерации в том случае, если не менее 50 % населения муниципалитета проживает на территории агломерации.

Вторая группа методов относится к делимитации границ метрополитенских территорий. Как отмечалось ранее, словосочетание «метрополитенская территория» зачастую используется для обозначения развитой формы городской агломерации. Метрополитенская территория обычно располагается на территориях нескольких административно-территориальных образований и характеризует-

ся наличием городского ядра с высокой плотностью населения, окружающих урбанизированных территорий с меньшей плотностью населения, а также пригородных урбанизированных территорий, имеющих тесные социально-экономические связи с ядром-центром. Метрополитенские территории концентрируют в своих границах наибольшую часть населения европейских стран, а также значительную часть объемов производства и потребления. Они признаются базовыми единицами экономического, социального, культурного анализа, оценки и прогнозирования в качестве стратегических узлов развития стран и макрорегионов [11].

Национальные статистические бюро европейских государств назначают границы метрополитенских территорий различными методами, исходя из целей и задач учета.

В Европе существует четыре подхода к определению границ метрополитенских территорий.

Первый подход – административный – определяет границы метрополитенских территорий с учетом качественных характеристик и количественных параметров урбанизированных административных единиц. Этот подход используется как инструмент контроля и управления территорией. Основаниями включения тех или иных объектов в границы



метрополитенской территории являются плотность населения, управленческие решения, исторические предпосылки и т.д. Результаты применения административного подхода содержатся в отчетах Организации экономических коопераций и развития ОЭСД за 2006 г. и ESPON [12, 13].

Второй подход – морфологический – определяет границы метрополитенских территорий исключительно на основании наземных очертаний и пространственной конфигурации непрерывной урбанизированной территории, которая, при этом, соответствует определенной стадии урбанизации по критерию плотности населения (пороговые значения данного критерия устанавливаются в зависимости от целей исследования). В данном случае метрополитенская территория выступает исключительно физическим объектом. Примеры применения этого подхода можно найти в работах Р. Серра и Д. Розенблата [7].

Третий подход – функциональный – формирует границы метрополитенской территории на основе изучения и фиксации социальных и экономических взаимосвязей между ядром (границы которого определяются пространственно-морфологическим методом) и пригородной зоной, объединяющей в своих границах соседствующие муниципалитеты. Характер и степень взаимосвязанности городского ядра и пригородных территорий устанавливаются на основе мониторинга ежедневных трудовых миграций населения. Данный подход был использован участниками исследовательской группы «сравнительного анализа метрополитенских территорий в Европе» (G.E.M.A.S.A) [14], изучавших в 1990-е гг., а затем и обобщивших европейский опыт формирования данного типа территориально-градостроительных образований.

Четвертый подход – сетевой – предполагает, что взаимодействие городского ядра и пригородов, характеризующее метрополитенскую территорию, имеет сложный, разнонаправленный и потому зачастую противоречивый характер [15]. Этот подход рассматривает базовую модель метрополитенской территории как непременно полицентрическую. Методология идентификации границ, формы и структуры метрополитенской территории в этом случае предполагает использование графо-аналитических методов теории систем [15].

Разнообразие сложившихся методик определения границ городских агломераций объясняет невозможность сравнения, корректного с научно-практической точки зрения, агломераций Европы между собой по совокупности важнейших, но существенно различающихся групп показателей. С образованием Европейской комиссии и формированием единого экономического пространства Европы профессиональными элитами был предпринят ряд попыток создания и применения унифицированного подхода к определению агломерационных границ.

Одной из самых удачных, по европейским меркам, стала разработка группы «Института городских исследований Европейского союза» (NUREC), осуществленная при поддержке Статистического управления Европейских сообществ (EuroStat). Результатом этой фундаментальной работы стал Атлас агломераций Европейского союза [13]. Авторами Атласа были изучены агломерации с населением более 100 тыс. человек. Делимитация границ проводилась по морфологическому признаку на основе одного критерия: локальная административная единица включалась в границы агломерации в случае, если на территории агломерации проживает более 50 % населения данной единицы.

Еще одной попыткой формирования унифицированного подхода к определению границ метрополитенских территорий стали исследования рабочей группы «Организации по вопросам экономического сотрудничества и развития» (OECD). В целях стандартизации таких методических подходов, уже существующих, экономистами и статистиками был введен новый термин «функциональная урбанизированная территория», который оказался, как свидетельствуют европейские наука и практика, универсальной территориальной категорией для сравнения метрополитенских регионов. Назначение границ функциональных урбанизированных территорий основывается на расчете плотности проживающего в их границах населения и определении местоположения и очертаний городского ядра, а также на расчете ежедневных маятниковых трудовых потоков для выявления окраинных территорий, располагающихся вокруг городского ядра и экономически с ним увязанных [12]. Согласно данной методике, делимитация границ функциональной урбанизированной территории осуществляется в три этапа:

Определение «места» и формы городского ядра с помощью сетевых данных популяции. Площадь сетевого модуля для расчетов составляет 1 км<sup>2</sup>, а минимальное значение, позволяющее причислить сетевую ячейку к городскому ядру, составляет 1500 жителей. При этом определение очертаний городского ядра происходит безотносительно границ административно-территориальных единиц. Кластеры, в условных границах которых проживает менее 50 тыс. человек постоянного населения, в качестве «ядерных» не рассматриваются.

Выявление городских ядер, относящихся к одной функциональной урбанизированной территории. Данный этап предполагает изучение и фиксацию функциональных связей между городскими ядрами. Согласно этой методике, если более 15 % населения одного ядра работают на территории другого ядра, то такие городские ядра объединяют в единую функциональную урбанизированную территорию. На данном этапе возможно и актуально выявление сформировавшихся полицентрических (многоядерных) структур.

Установление границ городских окраин. Это происходит на основании анализа функциональных связей между удаленными от центра территориями с более низкой плотностью населения и плотно заселенными городскими ядрами. К городским окраинам, как правило, относят муниципалитеты, не менее 15 % населения которых работают на территории того или иного городского ядра.

В настоящее время в ряде европейских исследований наметилась тенденция на разработку новых алгоритмов и методов делимитации границ агломераций.

Исследователей привлекает тема применения методов дистанционного зондирования для установления границ урбанизированных и метрополитенских территорий на основании использования спутниковых снимков высокого разрешения [15]. Основными критериями делимитации границ градостроительных образований служат преимущественно морфологические признаки. Однако авторами и пользователями отмеченных методических подходов предлагаются различные исследовательские алгоритмы и теоретические модели, лишь малая часть из которых основывается только на выявлении наземных очертаний и пространственных конфигураций непрерывной городской застройки. В своем большинстве применяемые в Европе методы назначения границ градостроительных образований сочетают в себе морфологическую обусловленность принятия делимитационных решений с привлечением значительных объемов статистических данных о плотностях населения и/или транспортных потоков. Европейскими исследователями постоянно отмечается, что использование современных геоинформационных систем в сочетании с инновационными алгоритмами делимитации границ агломераций, обоснованными теоретически, может способствовать достижению целей систематического динамического мониторинга их видоизменения, а также изучению феномена «расползания городов» [7].

Интересное развитие получил в последние годы метод делимитации границ метрополитенских территорий, опирающийся на технологию построения транспортных изохронограмм. Так, например, в исследовании, проведенном Европейским центром по наблюдению за территориальным развитием и связями (ESPON), была предложена методика определения границ метрополитенских территорий Европы на основе построения транспортных графов доступности ядра-центра от окружающих его застроенных территорий [16]. При этом использовалась мультимодальная модель, аккумулирующая в себе следующие показатели:

- доступность центра на общественном транспорте (мин) с учетом времени доступа до ближайшей остановки и ожидания транспорта без учета дорожной ситуации;

- доступность центра на личных автомобилях (мин) без учета дорожной ситуации;

- доступность центра на общественном транспорте (мин) с учетом времени доступа до ближайшей остановки и ожидания транспорта, а также изменением дорожной ситуации в «часы пик»;

- доступность центра на личных автомобилях (мин) с учетом времени на парковку и изменением дорожной ситуации в «часы пик».

Кроме того, в методике предусмотрен учет экономической составляющей поездок жителей в городской центр (ядро), осуществляемый путем определения зон расчетной общей стоимости поездок до центра (пороговым значением стоимости поездки принят показатель 10 евро).

Субоптимальная граница метрополитенской территории устанавливается посредством совмещения и оптимизации результатов анализа опорной ситуации по каждому из перечисленных аспектов, формализованных картографически: используется приём наложения выявленных по указанным критериям границ территорий. Данная методика была апробирована ее разработчиками на примере Барселоны и предложена к применению в остальных европейских странах, поскольку, по мнению авторов, учитывает реальные показатели ежедневных трудовых миграций в центр города, что является значимым для континентальной экономической кооперации и интеграции.

**Выводы.** Результаты анализа и обобщения применяемых в Европе методов определения границ агломераций свидетельствуют о том, что спектр используемых маркировочных критериев достаточно широк и что выбор конкретной методики определяется исходя из намеченных целей делимитации. Авторами настоящей работы выявлена тенденция на унификацию делимитационных методик в европейских странах, направленная на совершенствование процесса управления их сочетанным и/или интегрированным развитием. Сегодня наблюдается переход от вполне традиционного морфологического подхода к определению границ городских агломераций к применению методик, основанных на выявлении стойких функциональных и социальных связей между урбанизированными территориями с учетом структурно-пространственной зрелости последних, а также функциональной мощности, планировочной конфигурации и потенциала развития транспортной инфраструктуры. Административно-территориальное устройство европейских государств, бесспорно, является значимым фактором назначения границ, пространственного планирования и управления развитием городских агломераций, однако – и это исключительно важно – оно не является определяющим! Данное обстоятельство позволяет, опираясь на исторические закономерности и особенности и учитывая современные приоритеты и условия осуществления градостроительной деятельности в нашей стране, обратиться к проблеме разработки инновационных методов и стратегий формирования

агломерационных систем на основе выявления сфер, пространств и направлений взаимного влияния двух и более субъектов Российской Федерации с перспективной их законосообразной институализации.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Митягин С. Д. Агломерация как объект управления // Градостроительство. Эпоха перемен. СПб.: ЗОДЧИИ, 2016. 221 с.

2. Ахмедова Е. А., Яковлев И. Н. Планировочные аспекты перспективного преобразования агломераций // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 1. С. 40–45.

3. Набиуллина Э. С. Глобальные решения для российских городов: доклад на Московском урбанистическом форуме 08.12.2011 [Электронный ресурс] // – Режим доступа: [http://economy.gov.ru/minec/press/news/doc20111208\\_004](http://economy.gov.ru/minec/press/news/doc20111208_004) (дата обращения: 12.05.2017).

4. Птичкинова Г. А. Архитектурное пространство в эпоху глобализации // Социология города. 2008. № 1. С. 40–53.

5. United Nations Centre for Human Settlements. Williamson, O. E. An urbanizing world: global report on human settlements / United Nations Centre for Human Settlements. New York : Oxford University Press, 1996. 559 p.

6. Le Gleau Jean-Pierre, Pumain D., Saint-Julien T. Towns of Europe: to each country its definition // Insee Studies. 1997. № 6.

7. Czyz Teresa. Conceptions of an urban agglomeration and a metropolitan area in Poland // Geographia Polonica. 2011. № 2. P. 5–17.

8. Vliegen Mathieu. Metropolitan agglomerations and urban regions delimited // Netherlands Graduate School of Housing and Urban Research. 2005.

9. Eurostat. Definition of urban agglomeration in the European Community. Eurostat: Luxembourg, 1992.

10. Boix R., Veneri P., Almenar V., Hernández F. Polycentric metropolitan areas in Europe: towards a unified proposal of delimitation // 51st European Congress of the Regional Science. 2011.

11. Definition of Functional Urban Areas (FUA) for the OECD metropolitan database [Электронный ресурс] // OECD. – 2013. – Режим доступа: <http://www.oecd.org/gov/regional-policy/Definition-of-Functional-Urban-Areas-for-the-OECD-metropolitan-database.pdf> (дата обращения: 18.05.2017).

12. ESPON Atlas: Mapping the structure of the European territory / Federal Office for Building and Regional Planning. Bonn, Germany, 2006.

13. Cattan N. Cities and networks in Europe: a critical approach to polycentrism John Libbey Eurotext, 2007. 224 p.

14. Arellano A., Rocca J., Alhaddada B. Urban detection, delimitation and morphology: comparative analysis of selective “megacities” // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2012. № XXXIX-B7.

15. Definition of a Methodology to delimitate metropolitan areas in Europe Case Study: Accessibility in Barcelona Metropolitan Region by public and private transport [Электронный ресурс] // MCRIT. 2013. Режим доступа: [https://www.espon.eu/export/sites/default/Documents/Projects/ScientificPlatform/ESPONDatabaseII/Second-Interim-Report/M4D\\_SIR\\_Annex6\\_Construction\\_FUA.pdf](https://www.espon.eu/export/sites/default/Documents/Projects/ScientificPlatform/ESPONDatabaseII/Second-Interim-Report/M4D_SIR_Annex6_Construction_FUA.pdf) (дата обращения: 18.05.2017).

Об авторах:

**МОНАСТЫРСКАЯ Марина Евгеньевна**  
кандидат архитектуры, доцент кафедры архитектурного проектирования Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4, тел. (812) 575-05-10, (921) 952-28-83 E-mail: gradoved@gmail.com

**ПЕСЛЯК Оксана Александровна**  
аспирант кафедры градостроительства Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4, тел. (812) 575-05-28, (952) 381-26-26 E-mail: opeslyak@mail.ru

**MONASTYRSKAYA Marina Ye.**  
PhD in Architecture, Associate Professor of the Architectural Design Chair Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering 190005, Russia, Saint-Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4, tel. (812) 575-05-10, (921) 952-28-83 E-mail: gradoved@gmail.com

**PESLYAK Oksana A.**  
Post-Graduate Student of the Town Planning Chair Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering 190005, Russia, Saint-Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4, tel. (812) 575-05-28, (952) 381-26-26 E-mail: opeslyak@mail.ru

Для цитирования: Монастырская М.Е., Песляк О.А. Современные методы делимитации границ городских агломераций // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 80-86. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.14.  
For citation: Monastyrskaya M.Ye., Peslyak O.A. Modern approaches to the delimitations of urban agglomerations // Urban Construction and Architecture. 2017. V.7, 3. Pp. 80-86. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.14.

Е.В. ПОНОМАРЕНКО

## СТРОИТЕЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ВЕРХОЯИЦКОЙ КАЗАЧЬЕЙ КРЕПОСТИ

ARCHITECTURAL TOWN-PLANNING DEVELOPMENT OF COSSACK  
FORTRESS VERKHNEYAITSKAYA

*Рассматриваются особенности расселения казаков. Работа посвящена анализу возникновения и развития Верхояицкой казачьей крепости, впоследствии поселения Верхнеуральск. Исследуется формирование архитектурной среды. Анализируется взаимовлияние культур и традиций в формировании архитектурной среды. На основе воспоминаний очевидцев XIX в., архивных изысканий и анализа генеральных планов поселений выявляются особенности планировки и застройки поселений. Впервые публикуется описание и анализ малоизвестных памятников архитектуры. Приводится анализ обширного архивного материала местных и центральных архивов, а также богатый графический материал. На основе исследований автора выявлены закономерности формирования и характерные черты планировки и архитектуры Верхояицкой крепости в разные исторические периоды.*

**Ключевые слова:** вольное казачество, землянки, Верхояицкая крепость, планы Верхнеуральска, особенности застройки, национальные традиции

В середине XV–XVI вв. по территории Среднего Поволжья проходил Волжский торговый путь, который был привлекательным объектом для разбоя вольных казаков. В XVII в. большое значение начинают приобретать казачьи линии крепостей. В этот период казаки решили стать подданными России [1, с.25]. Новый этап освоения края русскими начинается со строительством крупного опорного пункта – города Оренбурга в 1735 г. Затем создаются: Самарская линия, Оренбургская и многие другие [2, д.1891].

Верхояицкая крепость первоначально была основана как пристань. В 1734 г. году начали выбирать место для ее возведения, а в 1735 г. началось строительство. Первые временные постройки были выполнены из камыша и ивняка, которые переплетались и обмазывались с двух сторон глиной. Крыша покрывалась травой по веткам. Часто эти строения являлись землянками. Из этих же материалов были построены первые оборонительные сооружения, которые представляли собой два ряда забора, между которыми была насыпана утрамбованная земля. Перед этими укреплениями находился ров. Более прочные постройки возводились из тонкого леса с тесовым покрытием. Выбор таких типов сооружений был вызван необходимостью быстрого строительства, поскольку в этот период существовало

*The peculiarities of the location of the settlements of Cossacks. The work is devoted to the analysis of the occurrence and development of Cossack fortress Verkhneyaitskaya and settlements Verkhneural'sk. Explores the formation of architectural Wednesday. Examines the mutual influence of cultures and traditions in the formation of architectural Wednesday. On the basis of the XIXth century eyewitnesses' recollections, archive investigations and analysis of general settlements planning schemes, the researcher discovers the peculiarities of planning and housing systems.*

**Keywords:** free Cossacks, dugouts, Verkhneyaitskaya fortress, Verkhneural'sk plans, features of architecture, national traditions

активное противостояние с башкирами. В середине 1735 г. первые постройки постепенно начали заменять деревянными, появились деревянные укрепления. Позднее появляются и саманные строения.

Окончательно Верхояицкая крепость начала строиться в 1738 г. В.Н. Татищевым. Первоначально поселение состояло из крепости и казачьего форштадта. Крепость была расположена на высоком берегу реки, между ней и форштадтом существовали ров и вал. Процесс постепенного развития города, срастания его с этим пригородом шел на протяжении всей его истории, что отмечалось географами в описаниях Оренбургской губернии еще в начале XIX в. «Сначала он был известен как пристань, потом как крепость, построенная для сплава провианта из Сибири для Орской крепости. Перенесен на версту вверх по реке, но давно уже слился со старым местом нахождения» [3, с. 79].

Укрепления крепости имели квадратную форму со стороной 120 м. Они представляли собой оплот из заостренных бревен высотой 3,5 м с башнями по углам (рис.1). На плане Верхояицкой крепости 1742 г. сама крепость и небольшой посад обнесены внешними укреплениями. Они расположены вдоль прямого участка реки. Крепость квадратная с четырьмя бастионами, внутри расположена цер-

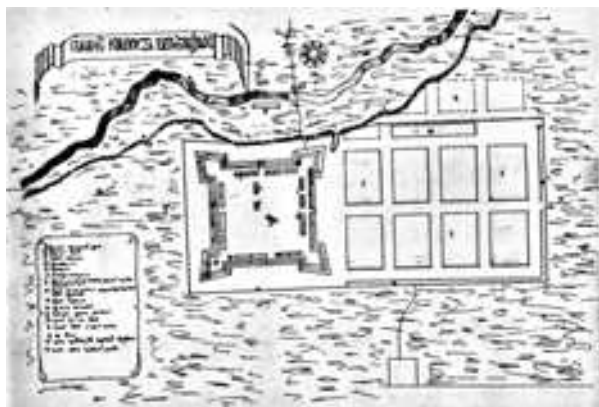


Рис. 1. План Верхояицкой крепости 1742 г.



Рис. 2. План Верхнеуральска 1781-1790 гг.

ковь [4, д. 566]. Посад состоял из одинаковых прямоугольных кварталов. Планировка посада отличалась живописностью, несмотря на регулярность. Это можно проследить по плану 1781-1790 гг., который подписан землемером Тимофеем Афанасьевым [5, д.37-А]. Прямоугольные кварталы города расположены под углом к реке, не все одинаковы по форме и размерам. Первыми строениями на противоположной стороне реки Яик было здание почты с конюшнями. Постепенно формировалась система композиционных осей плана. Главная ось ярко выражена, перспектива обеих ее ветвей замыкалась главным высотным ориентиром города – крепостью. На пересечении главной и менее значительной перпендикулярной ей оси, идущей от юго-восточных ворот, находилась торговая площадь. Перспектива третьей значительной улицы города замыкалась деревянной церковью, вокруг которой также формируется площадь, удачно расположенная на излучине реки. Третья площадь (наиболее крупных размеров) менее интересно увязана с планировкой поселения (рис. 2).

Особенностью застройки Верхояицкой крепости было использование непрочной древесины тополя, поскольку вдоль реки Яик находилось значительное количество тополиных рощ. Типичным примером такой застройки является здание солдатских казарм. Планировка жилых зданий этого периода соответствовала этническим традициям населения крепости. В начальный период существования крепости там преобладало русское население. Деревянная жилая застройка была преимущественно одноэтажной. Традиционный дом состоял из черной и чистой избы, разделенных перегородкой, которую можно было разбирать и переносить.

Поселение имело равнинное положение, поэтому наиболее значительными высотными ориентирами объемно-пространственной композиции города являлись крепость и церкви. Первая церковь, построенная в стенах Верхояицкой крепости в 1742 г., называлась Благовещенской. В 1756 г. была возведена Богоявленская церковь на берегу реки Урал.

Сохранилось изображение деревянной Богоявленской церкви. Здание развивалось в глубину по оси, но имело четыре значительных боковых пристроя с отдельными крышами в уровне трапезной и основного объема. Они придавали храму сложную форму, которая образовалась за счет перемещения и перестроек церкви. Основной объем здания имел небольшой купол луковичной формы на высоком двухъярусном барабане. Этот барабан венчал высокую двухъярусную вальмовую кровлю. Высотным акцентом церкви являлась массивная пристроенная колокольня со сложным шатровым завершением с луковкой на высокой шее. Колокольня имела два яруса, разделенных карнизом и двумя широкими горизонтальными поясами. Нижний был ярус квадратный с массивным крыльцом. Верхний ярус звона являлся восьмигранным в плане. Он имел проемы, чередовавшиеся с глухими гранями. В боковых пристроях было расположено еще два крыльца с такими же декоративными навесами, как и у основного входа. Стены здания были покрыты тесом и имели относительно скромный декор. В целом храм отличался громоздкостью и непропорциональностью (рис. 3).

В 1775 г. поселение получило название Верхнеуральск, поскольку изменилось название реки. Через шесть лет поселение получило статус города. В 1810 г. внутри старой крепости еще сохранялось здание первой церкви. Склады и цейхгаузы были превращены в лавки. Территория поселения разрослась на запад и восток. Вокруг крепости были построены здания уездной управы и коменданта, казначейства, почтовой службы. В восточной части города находились мастерские, дома казарменного типа и жилая застройка. Моста через реку Урал долгое время не было. В ранний период за рекой находились только конюшни почтовой экспедиции. Затем там появляются кузни, мастерские и сенной базар. Другой базар располагался на окраине города (рис. 4).

Развитие Верхнеуральска в XIX в. хорошо читается на его плане с окрестностями 1834 г. Заметно значи-



Рис. 3. Богоявленская церковь

тельное расширение города на север, вновь образованные кварталы – небольшие, квадратные (как в военных поселениях) в отличие от старого города [6, д. 21804].

Новый план Верхнеуральска 1838 г. был попыткой упорядочить планировку [7, д. 5, л. 1]. Этот план не учитывал уже сложившуюся застройку поселения. Старое кладбище и казармы механически вписаны в строгую сетку селитьбы. Это типичные недостатки генеральных планов южноуральских городов, присланных из столицы. Несмотря на некоторую схематичность проекта, реальная планировка города достаточно живописна. В целом развивается ранее заложенная композиционная схема. Значительно расширена главная площадь города, ее высотная доминанта (каменная церковь) замыкает одну из композиционных осей. Застройка центральной площади остается хаотичной, здания не организованы в единый ансамбль (рис. 5).

В начале XIX века в Верхнеуральске значительно увеличилось население за счет переселенцев. Поэтому жилая застройка, хотя и оставалась деревянной, начала перестраиваться из более прочных сосновых бревен. В середине века город еще значительно разрастается. С 1830 г. желающим строиться за рекой Уралом выделяли место в новом форштадте. Трудность развития заречной части города состояла в постоянных наводнениях, которые случались через каждые 5-6 лет. Первый форштадт на другой стороне реки появился еще в 1806 г. Казачий поселок Зауральский строился по рекомендациям войсковой строительной экспедиции в соответствии с утвержденным планом. Поселок имел прямые улицы и одинаковые кварталы. В 1852 г. в поселке насчитывалось около 60 домов, имелись плац и защитный вал.

В этот период Верхнеуральск «огражден деревянным заплотом и двумя земляными рвами, кои



Рис. 4. План Верхнеуральска с окрестностями 1834 г.

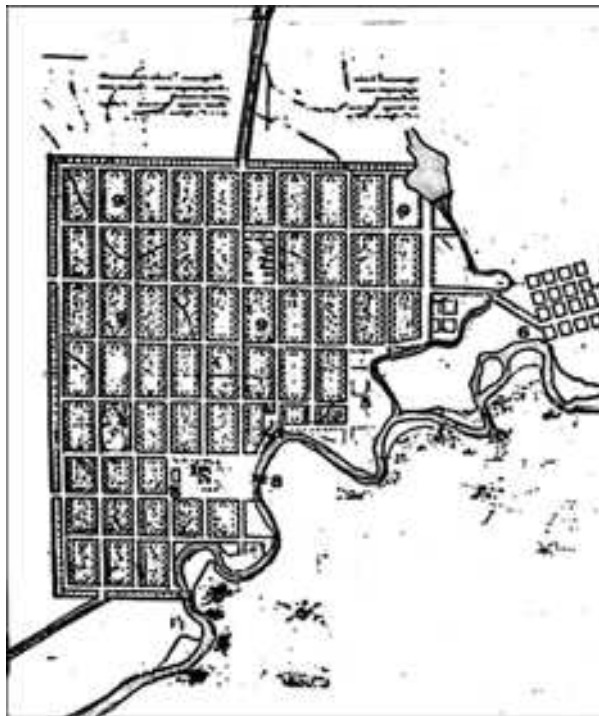


Рис. 5. План Верхнеуральска 1838 г.

от давнего построения пришли уже в ветхость.... В городе находится земляная фортеция в длину и ширину по шестидесяти, а в высоту 4 аршина с четырьмя угловыми ветхими бастионами. В которой находится церковь, соляные провиантские магазины, гауптвахты, выход и арсенал артиллерийский. Около оной фортеции лежит 206 дворов разного звания людей. Комендантская канцелярия и при ней уездное казначейство, батальонная канцелярия, комендантский дом... Домов обывательских 316, лавок 8, да на реке Урале за городом обывательская мушная мельница. Купцов же имеется мало, притом и торг их весьма неустойчив. Церковь деревянная во имя Боговещения, церковь деревянная Благовещения пресвятой Богородицы, церковь загородная Успения пресвятой Богородицы» [2, д.21804].

В первой половине XIX в. губернатор П.П. Сухтелен потребовал, чтобы в относительно крупные поселения были разосланы разработанные в Оренбурге примерные фасады для обывательских построек в пять и три окна. К сожалению, в губернской канцелярии того периода было недостаточно работников, чтобы осуществлять архитектурный контроль выполнения этого требования на отдаленных территориях. Поэтому основную часть жилой застройки Верхнеуральска составляли деревянные дома и деревянные с нижним каменным этажом. Например, деревянное здание старинной казармы представляло собой длинный одноэтажный корпус.

О строительстве зданий в стилистике барокко и классицизма в Верхнеуральске ничего не известно,

что объясняется отсутствием архитекторов в городе и его удаленностью от центра губернии.

Рост и благоустройство Верхнеуральска в конце XIX – начале XX в. несколько замедлились. Это также объяснялось удаленностью города на 180 верст от ближайшей железнодорожной станции Миасс. Город производил на путешественников впечатление захолустья: «Верхнеуральск стоит на левом берегу Урала. Городок, насчитывающий десять тысяч жителей, никакого вида не имеет; однообразные, низкие долины тонут в потоках осеннего дождя, на улицах непролазная грязь» [8, с.306].

Самая большая в Верхнеуральске церковь, сохранившаяся и поныне, была построена в 1875 г. на деньги купца Н.И. Рытова. Она была названа в честь Николая Чудотворца. Церковь строилась по проекту из альбома типовых проектов. Кроме Никольской в Верхнеуральске действовали Боговлянская церковь и три кладбищенские церкви, имевшие одинаковое название – Успения Богородицы. Монастырь находился за городской чертой в Поповском хуторе. Там была своя церковь. Мечетей в городе было три: старая соборная мечеть, вторая соборная мечеть на Старокладбищенской (Октябрьской) улице и мечеть в северо-восточном районе города, называемом «Слатинка». Вторая соборная мечеть была построена в 1902 г. Она была двухзальной с балконами вдоль боковых стен для женщин. Третья мечеть тоже была построена в начале XX в. Все мечети были разрушены.

Значительная часть застройки Верхнеуральска конца XIX – начала XX в. осталась деревянной, выполненной в традиционной стилистике. Как и в других казачьих поселениях, это были городские усадьбы [9]. Например, интересное сочетание русских и мусульманских традиций в планировке и декоре здания демонстрирует дом золотопромышленника З. Рамеева на Большой Благовещенской улице (ул. Советская в настоящее время). Деревянное здание на высоком кирпичном цоколе с вальмовой крышей представляет собой традиционный русский сруб «в обло». Фасады украшены резными наличниками и подзором. В то же время цоколь из побеленного кирпича декорирован лентой мусульманского орнамента. Такое же смешение традиций наблюдается в планировке здания. С одной стороны в плане есть несколько анфилад. С другой стороны дом имеет два холодных пристроя, что характерно для татарской архитектуры (рис. 6).

В рассматриваемый период в Верхнеуральске строится большое количество промышленных и торговых зданий, а также купеческих особняков. Характерным примером неорусского стиля является кошмовальный завод (рис. 7).

Это одноэтажное кирпичное здание с вальмовой крышей, которое выходит на улицу торцевым фасадом. В плане оно прямоугольное. Фасады, выходящие во двор, не имеют декора. Они представляют собой стену из побеленного кирпича, прорезанную



Рис. 6. Дом З. Рамеева на Большой Благовещенской улице в Верхнеуральске



Рис. 7. Кошмоваяльный завод



высокими окнами с лучковым завершением без наличников. Фасад, выходящий на улицу, тоже из побеленного кирпича, но декорирован очень пышно. Углы фасада акцентированы лопатками с декоративными нишами. В уровне крыши лопатки поддерживаются пинаклями. Центральная ось фасада выделена фигурным аттиком. Здание имеет очень высокий цоколь, который отделен от основного этажа широкой декоративной тягой с орнаментом из зубчиков. Под карнизом проходит широкая лента сложного орнамента со ступенчатыми сосульками. Окна разделены спаренными лопатками сложного профиля, на которые опирается еще одна лента орнамента и килевидные кокошники с геометрическим орнаментом.

В Верхнеуральске сохранилось значительное количество зданий краснокирпичной стилистики. Наиболее интересным примером является паровая мельница купца В.Е. Гогина, построенная в начале XX в. (рис. 8).

Здание включает в себя крупный пятиэтажный объем (пятый этаж мансардный) и одноэтажный пристрой к нему. Крыша пристроя находится на уровне третьего этажа основного объема, уклон покрытия в обеих частях одинаков. Это делает композицию здания гармоничной. Использование мансардного этажа в производственных зданиях в рассматриваемый период было большой редкостью. По всей видимости, В.Е. Гогин позаимствовал это архитектурное новшество в Германии, где он покупал оборудование. Планировка всех этажей одинакова, за исключением уровней, где нет пристроя. Крыша имеет сложную конструкцию с треугольными фронтонами. Мансарда освещается большими прямоугольными люкарнами. Фасады основного корпуса членятся широкими рустованными лопатками, на которые опирается профилированный карниз с широкой лентой орнамента из ступенчатых сосул.



Рис. 8. Мельница Гогина

Такой же орнамент, очень характерный для промышленных сооружений Урала, украшает треугольный фронтон мансарды.

Большинство памятников Верхнеуральска расположено в центральной части города на главной площади казачьего круга, площади Никольского собора и соединяющих их двух парадных улицах. На этой территории находятся наиболее интересные здания стиля модерн.

Площадь казачьего круга обстроена по периметру так, что застройка закрывает спуск к реке Урал. В застройке площади нет ярко выраженного центра. Одним из самых выразительных зданий является магазин купца Устинова, выполненный в стилистике модерна. Фасад декорирован пилястрами, которые разбиты филенками и ширинками. Здание венчает профилированный карниз с кронштейнами, под которым расположена лента орнамента (рис. 9).

Наиболее интересный памятник Верхнеуральска в стиле безордерного модерна находится на противоположной стороне площади казачьего круга. Это торговый дом купца Терентьева (рис. 10).

Здание имеет необычную для того времени планировку с внутренним двором, в который можно заехать. Композиционное решение магазина тоже необычно. Корпуса здания, выходящие на площадь и на улицу, имеют два этажа. Остальные части здания одноэтажные. В первом этаже располагались торговые помещения, а во втором – жилые комнаты. Это определило появление в первом этаже больших окон-витрин, а во втором – небольших вертикальных окон и балконов.

Стилистика неоклассицизма в чистом виде в Верхнеуральске не представлена, но существуют интересные здания с ордерными элементами. Часто это здания несколько раз перестраивались, что определило их несколько эклектичный облик. Например, второй



Рис. 9. Магазин Устинова

дом золотопромышленника З. Рамеева (ул. Ленина, 38), построенный во второй половине XIX в. (рис. 11).

Первоначально здание представляло собой прямоугольный объем, который занимал на плане площадь от угла до парадного крыльца. Впоследствии дом был расширен, а крыльцо стало центром фасада. Здание кирпичное на высоком цоколе. Главный вход декорирован пилястрами с бриллиантовым рустом. Вход оформлен деревянным крыльцом с двускатным навесом на колоннах.

Такое необычное использование ордерных элементов в сочетании с безордерной стилистикой, как отмечают исследователи, характерно для большого количества казачьих поселений [10].

В деревянном зодчестве Верхнеуральска этого периода встречаются очень необычные произведения. Например, дом Емельяновых. Он был построен в начале XX в. по проекту студента архитектурного факультета Алексея Емельянова (рис. 12).



Рис. 10. Магазин Терентьева



Рис. 11. Второй дом золотопромышленника З. Рамеева



Рис. 12. Дом Емельяновых

Планировка и конструкция здания вполне традиционны, но решение фасада представляет собой полное смешение стилей. Дом представляет собой сруб, декорированный традиционными наличниками и пропиленной подкарнизной резьбой. Наличники подчеркнуты ярким цветом на фоне естественного оттенка дерева стены. Карниз сильно вынесен, но в средней части фасада его вынос уменьшается. Над этим углублением находится треугольный фронтон, декорированный цветными (ярко голубыми с белым обрамлением) накладными элементами треугольной и трапециевидной формы, составляющими единую композицию.

**Выводы.** Архитектурно-градостроительная среда крепости – это одна из составляющих быта, культуры и жизни данного поселения. В настоящее время в регионе постоянно растет осознание ценности наследия различных этнических групп населения. В архитектуре Верхнеуральска сохранилось значительное количество памятников модерна. Но в большинстве случаев стилистика конца XIX начала XX в. несколько перемешивалась. Значительно перемешивались между собой планировочные и декоративные традиции зодчества разных этнических групп. Причем русские даже чаще перенимали мусульманские традиции, чем наоборот. Возрождение традиций определяет существование архитектурно-градостроительного наследия как живого явления современности. Существует потребность компенсировать насильственное прерывание культурных традиций этнических групп в советский период.

Архитектурно-градостроительное наследие сохранилось на территории крепости в значительном количестве. Характерно, что в большей части поселения присутствуют не только древние строения, но и планировка казачьей станицы с плацем для джигитовки, который занимает в настоящее время городской сад. Особое значение имеет и то, что архитектурно-градостроительное наследие, в отличие от других видов искусств, воздействует на личность постоянно в ходе ее жизнедеятельности. Современная картина мира характерна множественностью взглядов, мозаичностью и динамичностью. Именно эти черты осознаются в настоящее время как ценность.

Об авторе:

**ПОНОМАРЕНКО Елена Владимировна**

доктор архитектуры, профессор кафедры реконструкции и реставрации архитектурного наследия Самарский государственный технический университет  
Архитектурно-строительный институт  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,  
тел. (937)1853468  
E-mail: evpon@mail.ru

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. *Стариков Ф.М.* Откуда взялись казаки (исторический очерк). Оренбург: Типография Ефимовско-го-Мировицкого, 1881. 264 с.
2. Российский государственный архив древних актов, ф.1356, оп.160.
3. *Дебу И.* Топографическое и статистическое описание Оренбургской губернии в нынешнем ее состоянии. М.: Университетская типография, 1836. 230 с.
4. Российский государственный исторический архив, ф.1399 оп.1.
5. Объединенный государственный архив Челябинской области, ф.87, оп.1.
6. Российский государственный военно-исторический архив, ф.846, оп.16.
7. Российский государственный исторический архив, ф.1293, оп.167.
8. *Круковский М.А.* Южный Урал. Путевые очерки. М.: Изд-во К.И.Тихомирова, 1909. 312 с.
9. *Вавилонская Т.В., Карасёв Ф.В.* Типология исторической городской усадьбы на примере города Самары // Градостроительство и архитектура. 2014. № 1 (14). С. 24–30. DOI:10.17673/Vestnik.2014.01.4
10. *Котенко И.А., Сержантова А.В.* Реконструкция дома Субботина-Шихобалова // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Градостроительство: сборник статей / под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Е.А. Ахмедовой; СГАСУ. Самара, 2015. С.279–282.

**PONOMARENKO Elena V.**

Doctor of Architecture, Professor of the Reconstruction and Restoration of the Architectural Heritage Chair  
Samara State Technical University  
Institute of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,  
tel. (937)1853468  
E-mail: evpon@mail.ru

Для цитирования: *Пономаренко Е.В.* Архитектурно-градостроительное развитие Верхояйцкой казачьей крепости // Градостроительство и архитектура. 2017. №3. С. 87-94. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.15.  
For citation: *Ponomarenko E.V.* Architectural and Town-Planning development of Cossack Fortress Verkhneyaitskaya // Urban Construction and Architecture. 2017. V.7, 3. Pp. 87-94. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.15.

**Е.А. РЕПИНА**  
**Д.Н. РОМАНОВА**

## СТРАТЕГИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АНОНИМНЫХ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЯЗЫКОВ В ПРОЕКТНОЙ ПРАКТИКЕ

STRATEGIES FOR ANONYMOUS AND PROFESSIONAL LANGUAGES INTERACTION  
IN DESIGN PRACTICE

*Раскрываются ценности анонимного языка, его потенциал для проектной практики. Поднимается проблема недооцененности непрофессиональной архитектуры в профессиональной практике. Самострой расценивается как продукт некачественной архитектуры и повсеместно подвергается уничтожению и замещается типовыми, унифицированными объектами. Поднимается вопрос легитимности проектного вторжения. Предлагается методология работы с анонимными языками. Демонстрируется принцип работы с анонимными языками на примере кейса «Красные Дома» (кварталы в границах улиц Черемшанская – Нагорная – Воронежская – Калинина – Роторный переулок г. Самары). Формулируются вопросы, возникшие в процессе работы над проектом. На примере трех проектов: «коммунальный дизайн», «народный дизайн» и «авторский дизайн» рассматриваются стратегии проектного «вмешательства» архитектора-профессионала и способы диалога со средой на уровне языка.*

**Ключевые слова:** анонимная архитектура, «вынужденный» дизайн коммунальный дизайн, авторский дизайн, народное благоустройство, самострой

Исследование феномена анонимного не ограничивается рамками архитектурного объекта, а реализуется в масштабах среды и вещи, затрагивает категорию образа жизни и целый комплекс антропологических вопросов. Анонимный язык является отражением ментальности, исторической памяти, национальных и культурных паттернов, архетипов коллективного бессознательного [1]. Объекты народной архитектуры, самострой, низовое благоустройство или так называемый «вынужденный дизайн» становятся источником парадоксальных и неожиданных культурных смыслов [2].

Отсутствие укорененности в «большой» (мировой) традиции архитектурного дискурса, периодическая смена стилей по инициативе государства, отсутствие преемственности на всех уровнях профессионального знания (от парадигмальных теоретических предпосылок до специфических профессиональных подробностей), нивелирование ценностей и смыслов предыдущей эпохи в каком-то смысле приводят российскую архитектуру, с одной стороны, в ситуацию

*The paper demonstrates values of an anonymous language and its potential for design practice. It attracts attention to the problem of unprofessional architecture which is underestimated in professional practice. The thing is that squatter development is usually seen as a product of poor architecture and is widely destroyed and replaced by typical unified objects. The question of the legitimacy of such project invasion is raised in the paper. It puts forward a methodology for working with anonymous languages and demonstrates how to do taking the so-called "Red houses" (districts within Cheremshanskaya – Nagarnaya – Voronezhskaya – Kalinin streets and Rotorniy alley) as an example. The paper covers issues which were faced during the work. It takes three projects – that is "Municipal Design", "Public design" and "Custom design" – as examples and explores strategies of the design "intervention" of a professional architect and ways of dialogue with the environment on the language level.*

**Keywords:** anonymous architecture, "forced" design, municipal, public design, custom design, public urban land improvement, squatter development

квазиавторства (ничем, кроме авторского произвола, не подкрепленную авторскую субъективность), а с другой стороны, в ситуацию анти-авторства (проектирование типового, массового, безымянного).

Можно сказать, что выпадение из дискурсивного поля (поля репрезентации смыслов, которое может осуществляться только внутри традиции, т.е. внутри заданных категорий и связей, т.е. имен) российской архитектуры делает ее тотально анонимной, т.е. безъязыкой, не поддающейся акту коммуникации. И в этом смысле объяснительная функция архитектурной науки позволяет рассматривать эти типы объектов как собственный предмет, но в духе антропологической традиции, т.е. прежде всего через фильтр исследования феноменов сознания. Несмотря на эту широкую возможность мы ограничиваемся образцами «народной» архитектуры.

В профессиональной практике анонимная архитектура долгое время не рассматривалась как ценный художественный ресурс. По сей день проблема заключается в отсутствии профессиональных мето-

дов работы с этим типом среды. Самострой расценивается как продукт некачественной архитектуры и повсеместно подвергается уничтожению и замещается типовыми, унифицированными объектами. В итоге возникает стерильная, безликая, семантически опустошенная среда. Эта проблема особенно актуальна для средового проектирования. Проектировщики забывают о естественно сложившемся языке среды, заполняют ее объектами, чужеродными по отношению к ней. Возникает парадокс – авторские проекты сами становятся анонимными. Архитектор часто попадает в ловушку собственных штампов и от этого сложнее вступить в диалог со средой, а не с самим собой. А. Раппапорт в эссе «К эстетике тоталитарных сред» отмечает: «В средовой эстетике анонимность ведет к господству стандарта и имитации, с помощью которой периферийная бюрократия символически выражает восторг перед центральными властями и одновременно лояльность, снижая пышность и масштаб своих подражаний и как бы отказываясь от не положенной по рангу степени самостоятельности. Средовые стереотипы распространяются по образцу речевых» [3]. Именно в степени самостоятельности заключается разрыв между авторской и «профессионально-анонимной» позицией.

Если представить архитектурную практику в виде трех шкал и обозначить на них степень уникальности, осознанности работы с языком и ценностями, то возможно условное разделение на профессионально-анонимную (типовую, унифицированную), профессиональную (работы звезд архитектуры), авторскую и анонимную (народную, непрофессиональную).

Профессионально-анонимная архитектура говорит на языке штампов, оперируя готовыми шаблонными решениями. Для нее характерно отсутствие концептуального подхода, объектное мышление. [3, 4]

Авторская архитектура обладает высшей степенью уникальности, она граничит с искусством. Автор имеет дело с общечеловеческими ценностями, ставит проблемы и ищет методы их решения. Примером авторского, художественного переосмысления языка российской архитектуры можно назвать работы Александра Бродского. Его проекты – осознанная работа с архетипами, игра с паттернами бессознательного, метафизическими образами: индустриальные фасады из необожженной глины, павильоны из руинированных дверей и окон, трепещущие занавески, пространство поля, заброшенные цистерны, кладбища, дачи, поезда. Его работы похожи на сновидения, обрывки памяти, погруженные в дымку, а обыденные, повседневные сюжеты неразрывно связаны с судьбой и историей человека [5,6]. Анонимную народную архитектуру по степени уникальности возможно сравнить с авторской, однако в первом случае она является скорее результатом работы коллективного бессознательного, действия по интуиции, а во втором – намеренный творческий жест,

где немалую роль играет художественная интуиция, чувство формы и профессиональные навыки [7].

Очевидно, что эта шкала обладает большой долей условности, так как критерии уникальности, осознанности и ценностей достаточно субъективны. Однако в этом разделении авторы видят новую типологию анонимной архитектуры, которая находится в процессе дополнения и уточнения [8].

Пытаясь решить вопрос взаимодействия анонимных и профессиональных языков, авторы статьи предлагают новую методологию работы со средой. В качестве экспериментальной площадки было выбрано несколько самарских дворов в границах улиц Черемшанская – Нагорная – Воронежская – Калинина – Роторный переулок (так называемые «Красные Дома»). В рамках учебного процесса совместно с группой 18 ДС студентов направления «Дизайн среды» СамГТУ авторы провели исследование территории, включая анкетирование жителей, выявление проблем среды, фотофиксацию местности (рис.1). Очевидной проблемой района является руинированная среда: разрушенные ступеньки на крыльцах домов, старая отмостка, ржавые трубы, облупившаяся штукатурка, ямы на дорогах, замусоренные территории, участки, заросшие диким кустарником, полусожженные гаражные массивы [9]. Однако у этой среды немало достоинств: это малоэтажная застройка с уникальным ландшафтом и богатой растительностью. Сами жители с удовольствием проводят время во дворе, гуляют с детьми, устраивают праздники, собираются вместе за столом, разбивают сады, сажают цветы, украшают двор, ухаживают за палисадниками, кормят животных. Образ жизни людей нашел отражение в неповторимом языке, который обладает всеми качествами и ценностями анонимной эстетики. Это сюрреалистичное пространство, где сохранился дух тайны и след присутствия человека. Таким образом, перед проектировщиком стоит непростая задача: с одной стороны, решить насущные проблемы двора, так как среда становится небезопасной: скользкие тропинки, отсутствие поручней и козырьков, старые деревья и плохое освещение – все эти проблемы не могут быть проигнорированы [10]. С другой стороны, каким образом сохранить дух места и не нарушить естественно сложившийся порядок вещей? Какой может быть степень авторского вторжения в среду? Кто настоящий автор – архитектор, житель или само пространство? Отвечая на эти вопросы, возникла идея трехчастного проекта, в котором архитектор выступает в трех ролях: 1) доля присутствия «авторского» минимальна, он решает прагматические задачи; 2) проектировщик выступает в качестве соавтора, его задача дополнить и артикулировать в среде существующие объекты анонимного дизайна; 3) архитектор работает с местными кодами и создает авторский проект [8].



Рис. 1. Территория «красных домов»

Подробнее о каждом из проектов:

### 1. Коммунальный дизайн

Прототипом является образ «правильного» города с идеально выкрашенными фасадами, ровными дорожками, белыми бордюрами, зелеными деревьями и счастливыми жителями. Архитектор, на первый взгляд, не придумывает ничего нового и следует инструкциям ГОСТов и СНиПов. Однако художественный жест заключается в том, что идеальная ситуация доводится до абсурда. В основе этого проекта лежит прием гиперболизации типового анонимного языка. Итогом становится тотально отремонтированная среда. Проект становится иронией по поводу нового тренда единого стандарта благоустройства, растиражированного по всей стране. Такой метод, на первый взгляд, решает актуальные проблемы безопасности, экологии, комфорта и эстетического облика города, однако исключает средовой подход и работу с местными кодами. Важность этого этапа нельзя отрицать, однако он может являться лишь первым шагом на пути к таким задачам, как вовлеченность жителей в процесс проектирования и поддержания территории в порядке, работу с территорией как с уникальным пространством, приспособленность

объектов и конструкций к сезонным изменениям с возможностью их переоборудования в зависимости от времени года и происходящего события. Таким образом, цель этого проекта – создание качественной фоновой среды для дальнейшего проектирования. Эта часть проекта ссылается на идею «коммунального дизайна», выдвинутую Сергеем Малаховым и Евгенией Репиной в проекте «Тольятти: три города – три дороги» в 2009 г. [11] (рис. 2).

### 2. Народный дизайн

Главной идеей является попытка наладить диалог архитекторов и жителей на уровне художественного языка. Перед проектировщиком стоит немало задач: максимально сохранить среду и объекты народного благоустройства и реконструировать их минимальными средствами, не нарушая при этом целостности среды и образа территории; задействовать в проекте дешевые, местные материалы; запустить саморазвитие территории, дать возможность жителям взаимодействовать с объектами проектирования, достраивать и дополнять их, в зависимости от потребностей. Также появление общественных пространств должно способствовать появлению новых видов активности и развитию малого бизнеса,

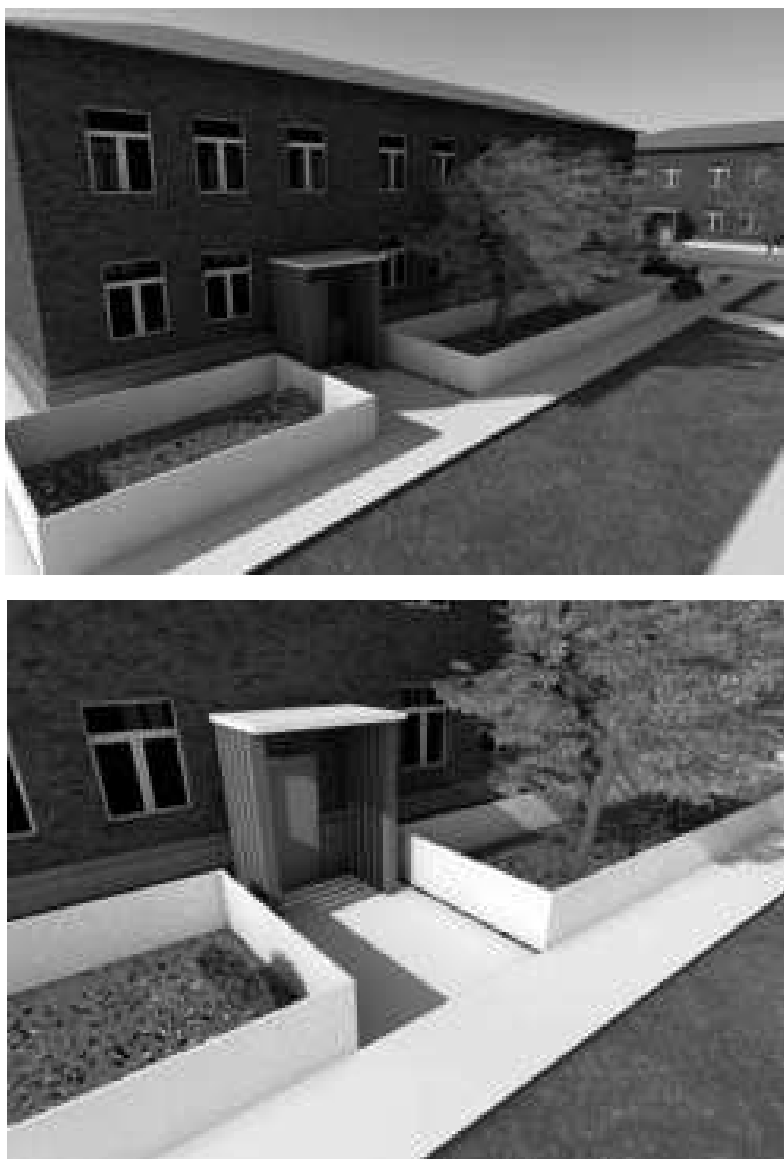


Рис. 2. Проект коммунального дизайна

например, проведение фестивалей, мастер-классов, детских клубов и т.д. [12].

В процессе проектирования студентами и авторами было собрано большое количество фотоматериала, среди которого можно обнаружить уникальные образцы народного рукодельного дизайна (клумбы, беседки, заборы, лавки из подручных материалов) [13]. В итоге получилась коллекция прототипов для дальнейшей переработки. В процессе работы возникло множество концепций. Например, идея дачного образа жизни подтолкнула к таким проектам, как площадка из пустых садовых бочек, теплица из окон, инсталляция из ванн, «грядки» из подручных материалов, лабиринт из дверей. Одной из идей стало модульное ограждение. Пробразом стал импровизированный забор, обнаруженный

на территории, собранный в хаотичном порядке из дверей, веток и фанеры. Ключевым проектным ходом стал принцип разбора найденного объекта на составляющие и размещения их в структуре ортогональной сетки. В результате появился забор, состоящий из металлической рамы с включением местных материалов и пустыми ячейками, с возможностью дополнения их самими жителями (рис. 3).

### 3. Авторский дизайн

Ключевой идеей проекта становится авторский подход работы со средой. В качестве территории для проектирования было выбрано пустующее пространство около заброшенной котельной, ставшее излюбленным местом для детских игр. Возникла идея общественного пространства, сочетающего в себе жанр арт-инсталляции и детской площадки.

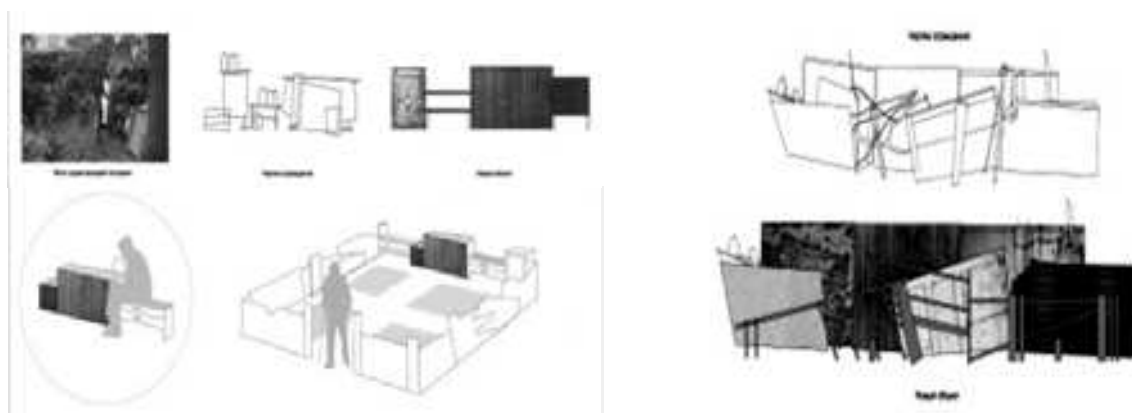


Рис 3. Проект забора из подручных материалов на основе ортогональной сетки

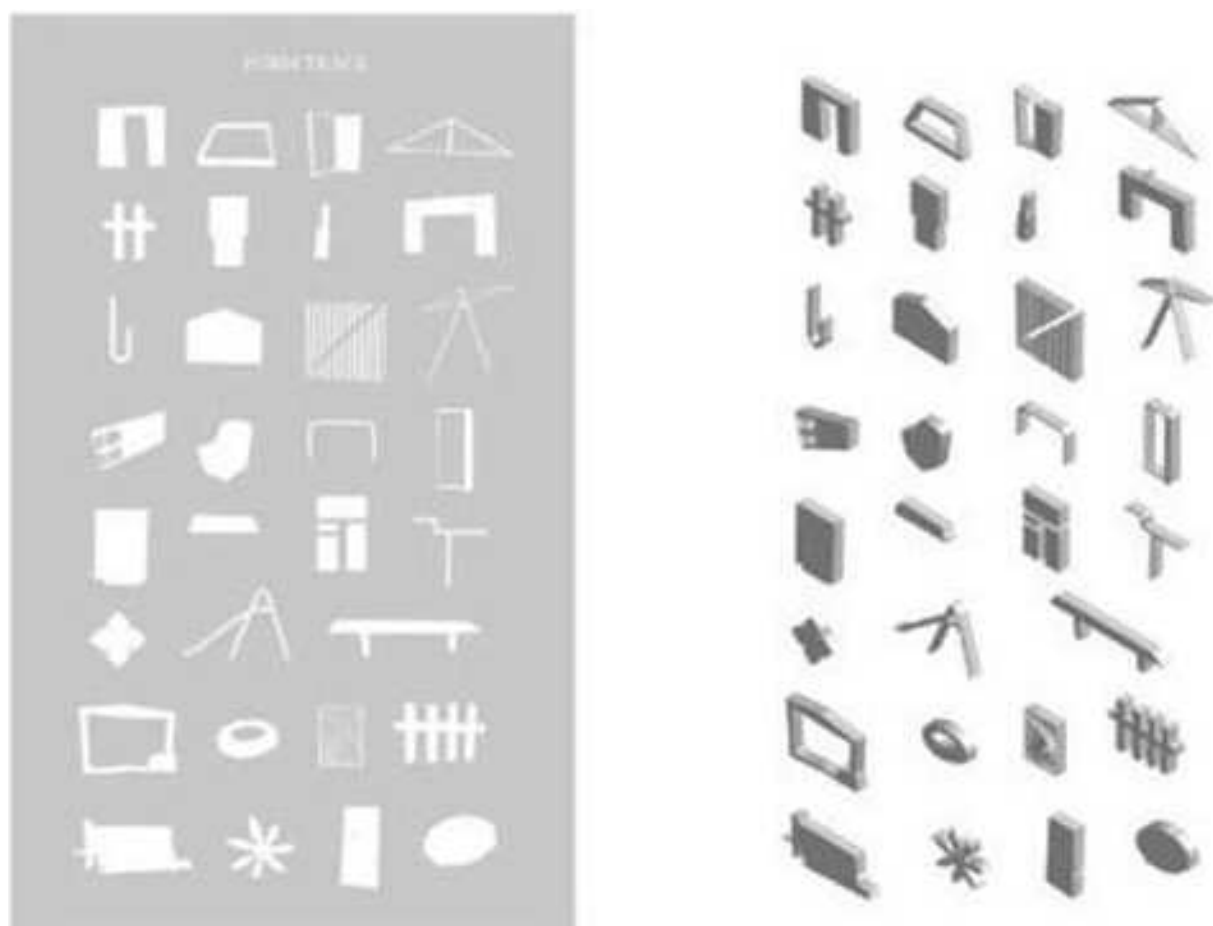


Рис 4. Внемасштабные элементы анонимного языка

В основе формальной части проекта лежит прием деконструкции кодов бессознательного языка. Перед авторами стояла задача выявить характерные и узнаваемые на подсознании «идиомы» типичной российской среды: силуэт гаража, контрформа забора, очертание

детской горки, характерный изгиб газовой трубы, покосившаяся песочница. В дальнейшем эти формы были превращены в визуальный словарь, состоящий из внемасштабных знаков или «следов», которые впоследствии трансформировались в объемные элементы



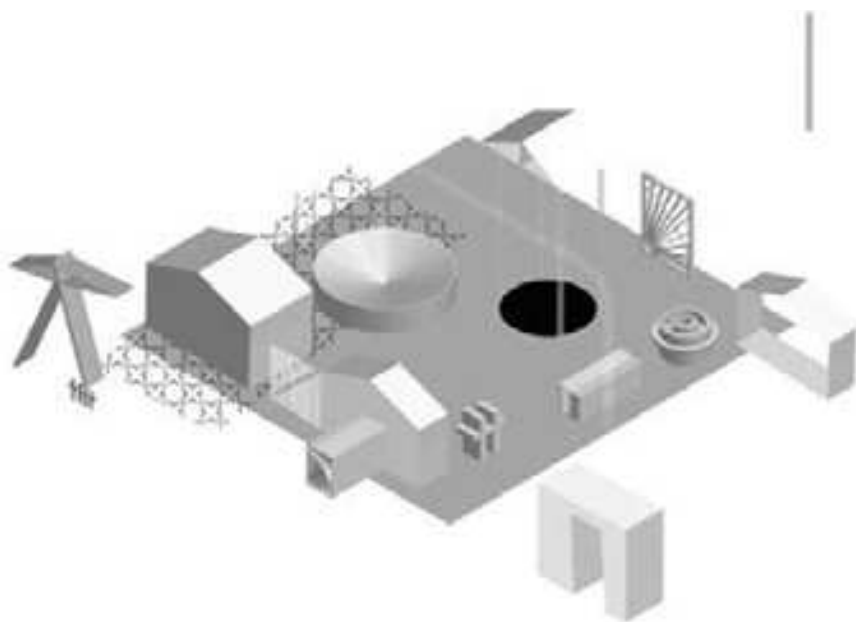


Рис. 5. Поисковая модель детской площадки



Рис. 6. Образный эскиз детской площадки на основе элементов анонимного языка

различными способами (экструзия, вращение вокруг своей оси). В итоге получились модели, из которых был собран эскиз, представляющий собой поисковый макет образа будущей территории (рис. 4 – 6).

В процессе работы авторы фокусировались на образной составляющей площадки, не предполагая конкретного сценария использования объектов и эффекта «законченности», а подразумевая множество вариантов взаимодействия с одним и тем же объектом, его мобильность и возможность изменения.

Главным вопросом, возникшим на этом этапе, стала возможность перенесения этого эскиза на реальную территорию, не теряя при этом его художественных качеств с одной стороны, и не нарушая целостность среды – с другой [14].

**Выводы.** 1. Анонимная архитектура находится на стыке полярных явлений. С одной стороны, анонимная непрофессиональная архитектура, наивный жанр народного творчества, отражение коллективного бессознательного, но с сильным авторским началом, с другой – анонимная профессиональная

архитектура, эксплуатирующая клише и типовые образы. Роль автора – создать новые методы работы с анонимным народным языком, используя профессиональные инструменты и художественные креативные техники.

2. Идея трехчастного проекта иллюстрирует авторскую стратегию средового проектирования, ключевая идея которого – не ограничиваться формальным подходом к проблеме, но системно подходить к решению задачи, осознавать роль архитектора и быть способным вступить в диалог с субъектами проектирования.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Флоренская О. Психология бытового шрифта. М.: Красный Матрос, 2001. 56 с.

2. Репина Е.А., Романова Д.Н. Коммуникативные свойства анонимной архитектуры // Innovative Project. 2016. Т. 1. № 1. С. 104–108.

3. Раппапорт А.Г. К эстетике тоталитарных сред // Современные проблемы формирования городской среды: сб. мат. Всерос. науч. конф. М., 1989. Ч. 1. С. 78–86.

4. Малахов С.А., Репина Е.А. Историческая Самара дает уроки «настоящего города». Единство, уникальность, устойчивость как следствие эволюционного типа развития в масштабе человека // Электронный сборник материалов конференции «Мозаика городских пространств». М.: МГУ, Русское географическое общество, 2016. С. 241–247.

5. Русское бедное [Электронный ресурс]. <http://www.bednoe.ru/> (дата обращения: 16.08.2017).

6. Кирикова А. Точки схода: Александр Бродский в Берлине [Электронный ресурс]. <https://archi.ru/world/60813/tochki-skhoda-aleksandr-brodskii-v-berline> (дата обращения: 16.08.2017).

7. Малахов С.А. Композиционный метод проектирования. Принципы интерпретации художественных образов традиционной культуры и авангарда на основе бинарной формулы метода и объекта // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15, №2(2).

8. Репина Е.А., Камышева Д.С. Провинциальная среда как пространство интеллектуальных экспериментов // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 70-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР / СГАСУ. Самара, 2016. С. 430–431.

9. Репина Е.А., Захарченко М.А., Гниломедов А.С. Красные дома // А.С.С. – Проект Волга. 2015. № 36–37. С. 56–57.

10. Долгова Е.Д. Феномены анонимной архитектуры // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. архитектура и дизайн: сборник статей / под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Е.А. Ахмедовой; СГАСУ. Самара, 2016. С. 209–212.

11. Малахов С.А., Репина Е.А. Тольятти. Город и дороги. Три концепции смысла 60 параллель // 60 Parallel. 2009. №4(35).

12. Репина Е.А., Захарченко М.А. Применение методики соучаствующего проектирования в планировании городских территорий. Кейс «Красные дома» // Innovative Project. 2016. Т. 1. № 1. С. 64–67.

13. Ложкин А. Маргинальная архитектура [Электронный ресурс]. <http://marginal-arch.livejournal.com/> (дата обращения: 18.08.2017).

14. Репина Е.А., Романова Д.Н. Проблема сочетания профессионального авторского и анонимного народного языков при проектировании благоустройства на сложившихся территориях // Устойчивое развитие городской среды: сб. статей / под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Е.А. Ахмедовой, Е.Г. Вышкина, Ф. Свистала; АСИ СамГТУ. Самара, 2016. С. 210–213.

Об авторах:

#### РЕПИНА Евгения Александровна

кандидат архитектуры, профессор кафедры инновационного проектирования Самарский государственный технический университет Архитектурно-строительный институт 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: jeniarepina@mail.ru

#### REPINA Evgenia A.

PhD in Architecture, Professor of the Innovative Design Chair Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: jeniarepina@mail.ru

#### РОМАНОВА Дарья Николаевна

аспирант кафедры инновационного проектирования Самарский государственный технический университет Архитектурно-строительный институт 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: romanovadasha1@gmail.com

#### ROMANOVA Daria N.

Post-Graduate Student of the Innovative Design Chair Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: romanovadasha1@gmail.com

Для цитирования: Репина Е.А., Романова Д.Н. Стратегия взаимодействия анонимных и профессиональных языков в проектной практике // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 95–101. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.16. For citation: Repina E.A., Romanova D.N. Strategies for anonymous and professional languages interaction in design practice // Urban Construction and Architecture. 2017. V.7, 3. Pp. 95–101. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.16.

# АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 728.37

DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.17

А.О. БАННИКОВА  
Н.А. КАЛИНКИНА

## ПАССИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ В ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ДОМАХ

PASSIVE USE OF GEOTHERMAL ENERGY IN INDIVIDUAL HOMES

*Целью работы является исследование влияния пассивного использования геотермальной энергии на архитектурно-планировочные решения экологичных жилых домов. Раскрываются вопросы, связанные с актуальностью применения геотермальной энергии в строительстве. Заглубленное жилище рассматривается как один из векторов развития устойчивой архитектуры индивидуального домостроения. Приведены достоинства и недостатки объектов, возведенных по технологии земляного строительства и соответственно пассивно использующих геотермальную энергию. Затронута классификация таких зданий, а также особенности их проектирования и повышения энергоэффективности. Основными методами исследования стали обобщение теоретической базы и изучение опыта обращения архитекторов к технологиям возведения заглубленных домов.*

**Ключевые слова:** геотермальная энергия, заглубленное жилище, энергоэффективность, устойчивая архитектура

В настоящее время одной из глобальных проблем человечества является истощение природных ресурсов, поэтому энергосбережение, обращение к альтернативным источникам энергии – это приоритетные направления исследовательской деятельности. Концепция устойчивого развития, предложенная в 1987 г., принята мировым сообществом как необходимая мера для обеспечения современных потребностей человечества, нивелирующая их влияние на качество жизни будущих поколений [1,2]. В связи с этим во всем мире идет поиск технологий, позволяющих снизить потребление энергии, а также сократить эксплуатационные затраты при их использовании. В России, согласно статистическим данным, более 50 % всех ресурсов расходуется на такие отрасли, как промышленность, строительство и жилищно-коммунальное хозяйство [3]. Поиск решений в этих областях делает актуальными исследования, связанные с учетом современных требований к особенностям и методам проектирования энерго-

*The aim of this study is to investigate the influence of passive use of geothermal energy in the architectural and planning solutions environmentally friendly homes. The article describes issues related to the relevance of the use of geothermal energy in constructing. Earth sheltered eco house is seen as one of the vectors of sustainable architecture of individual housing construction. Presents the advantages and disadvantages of objects that were built on the underground construction and therefore passively using geothermal technology. We reviewed the classification of such buildings and their structure features associated primarily with the issues of heat saving and energy efficiency. The main methods of the study were synthesis of theoretical base and studying the experience of architects, associated with the construction technology of earth sheltered buildings.*

**Keywords:** geothermal energy, earth sheltered house, energy efficiency, sustainable architecture

эффективных зданий в рамках реализации принципов устойчивого развития [4].

Рассматривая экологичное малоэтажное жилищное строительство, необходимо упомянуть использование альтернативных источников энергии. Наиболее популярными из них в настоящее время являются солнце и ветер, но все более активно развивается направление эффективного использования энергии глубинного тепла Земли. В отличие от солнца или ветра, геотермальная энергия доступна постоянно. При сопоставлении с традиционными источниками очевидны следующие преимущества геотермальной энергии: неисчерпаемость, повсеместность распространения, близость к потребителю и т.д. [5,6]. Использование подземного пространства касается не только объектов транспортной инфраструктуры, но и экологичного строительства заглубленных домов. Самым эффективным пассивным средством использования геотермальной энергии является вземление (присыпка грунтом) или заглу-

бление здания. Наиболее распространенным типом вземленных зданий в мире являются индивидуальные жилые дома.

Классификацию подобных объектов можно рассматривать по отношению к уровню земли. Принято выделять следующие типы зданий: заглубленные – на «плоском» рельефе; вписанные в склон; полуглубленные (возвышающиеся) – должны возвышаться над уровнем земли не более чем на 30 %.

Неполное заглубление увеличивает теплопотери (по сравнению с заглубленным). Для обеспечения максимального сокращения энергопотребления в данном типе зданий рекомендуется применять максимально компактные типы планировочных решений. При проектировании заглубленных домов необходимо учитывать их ориентацию по сторонам света. У подобных объектов обычно три стены, контактирующие с грунтом, глухие, а одна – остекленная. Окна рекомендуется ориентировать преимущественно на южные румбы для получения максимального количества света и обеспечения требуемого уровня инсоляции помещений. В связи с этим помещения, в которых не обязательно естественное освещение, располагают в глубине корпуса.

Примером частичного заглубления зданий может служить Malator House, построенный в 1998 г. архитектурным бюро Future Systems (рис. 1). На выбор планировочного решения оказали влияние строгие правила, действующие на территории национального парка. Компактный дом с торцевых сторон врезается в рельеф и за счет земляной обваловки становится еле заметным на фоне ландшафта юго-западного побережья Уэльса. Продольная сторона здания, обращенная к морю, имеет панорамное остекление [7].

По объемно-планировочному решению вземленные здания бывают с внутренним двором (дворами) и без. В случае включения внутреннего двора в структуру здания, помещения, требующие естественного освещения, группируются вокруг двора. Интересным примером подобного решения является Holiday Villa в Вальсе, Швейцария (рис. 2). Дом, спроектированный архитекторами из бюро SeARCH, идеально вписывается в природный ландшафт. Он заглублен в пологий склон, а естественное освещение осуществляется благодаря образованному в результате врезки внутреннему двору в форме овала, на который выходят световые проемы [8]. Планировку домов, заглубленных в крутой склон, отличает компактность, увеличение количества уровней для сокращения длины коммуникаций, односторонняя ориентация и характерное для всех заглубленных домов глубинное расположение вспомогательных помещений.

Для домов, использующих пассивную геотермальную энергию, очень важна организация входной зоны и транспортного въезда. Архитектурное бюро Make Architect в доме для Гари Невилла решает этот вопрос включением в структуру здания шести внутренних дворов в форме лепестков, имеющих разное функциональное назначение [9]. Благодаря

им в заглубленном жилище создаются благоприятные условия внутренней среды. Через оконные проемы, выходящие во дворы и световые фонари, расположенные на крыше здания, обеспечивается естественное освещение.

Вземленные сооружения обладают определенными преимуществами перед наземными постройками. Можно выделить несколько аспектов, положительно их характеризующих и объясняющих целесообразность строительства этого типа зданий:

*С градостроительной точки зрения вземление:*

- позволяет компактно располагать крупные объекты в застройке (в том числе исторической), не нарушая сложившийся характер среды;
- формирует дополнительные рекреационные зоны;
- позволяет использовать под застройку «сложные» участки (с большим уклоном, вдоль транспортных магистралей) [10].

*С экологической точки зрения заглубление зданий позволяет:*

- повысить площадь озеленения в городах;
- улучшить микроклимат застройки;
- сократить энергозатраты на функционирование объекта.

*С экономической точки зрения целесообразность достигается:*

- эффективным использованием разработанного грунта;
- улучшением эксплуатационных характеристик наружных ограждений (массив грунта смягчает температурно-влажностное воздействие на вземленные конструкции, сохраняя их от быстрого разрушения);
- минимизацией площадей с дорогостоящей фасадной отделки;
- высокой тепловой инертностью объекта.

*С эстетической точки зрения:*

- создается интересный городской ландшафт;
- здание вписывается в контекст (природный или урбанистический).

Поскольку основной целью строительства подобных объектов является сокращение энергозатрат при эксплуатации здания, то целесообразно помимо энергии земли использовать и другие альтернативные источники энергии. В качестве активных систем наиболее широко применяются солнечные коллекторы, установленные непосредственно на здании или рядом с ним. Пассивные методы в основном связаны с использованием солнечной энергии, попадающей в здания через окна, которые, как говорилось выше, в основном ориентированы на южные стороны горизонта. Регулирование количества поступающего тепла может происходить путем применения навесов, жалюзи, растений и т.п.

Правильная ориентация здания относительно господствующих ветров позволяет практически полностью устранить негативное воздействие зимних ветров, а в летнее время обеспечивает комфортную естественную вентиляцию. Этого можно добиться

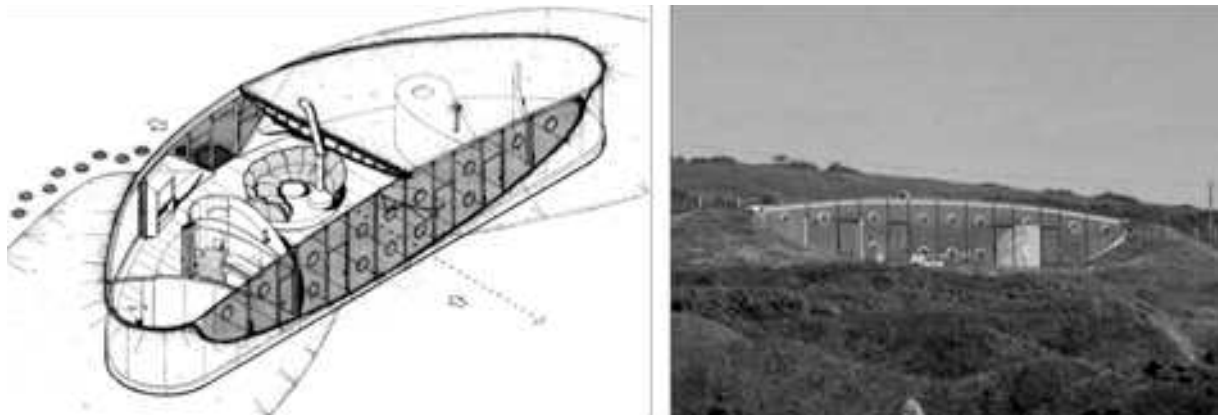


Рис. 1. Жилой дом Malator House, Пемблукшир, Великобритания, архитектурное бюро Future Systems



Рис. 2. Жилой дом Holiday Villa, Вальс, Швейцария, архитектурное бюро SeARCH



Рис. 3. Жилой дом Гари Невилла, Болтон, Великобритания, архитектурное бюро Make Architect

путем верной ориентации световых проемов, размеров внутреннего дворика и особенностей рельефа, а также деталей ограждающих конструкций. Сведение к минимуму оконных и дверных проемов на северной и западной части дома способствует повышению его энергетической эффективности.

Видимо, можно предположить, что основным недостатком заглубленных сооружений являются проблемы дренажа и гидроизоляции вземленных конструкций. Подобный тип зданий обладает специфическим

объемно-планировочным решением, поскольку зачастую имеет только один световой фронт. В связи с этим могут возникнуть проблемы с естественным освещением, инсоляцией и пожарной безопасностью.

Необходимый эффект снижения энергозатрат для создания комфортных условий проживания в заглубленных домах может быть достигнут только при выполнении ряда требований, касающихся выбора места для строительства, определения типа дома, его размещения на участке и ориентации, рационального

нального планировочного и конструктивного решений, инженерного оборудования, благоустройства и озеленения участка строительства [11, 12].

Рассмотренные особенности пассивно использующих геотермальную энергию зданий демонстрируют возможности комплексного и высококачественного решения широкого круга градостроительных, экологических, экономических и эстетических проблем. Используя энергию природной среды, заглубленное жилище отвечает современным требованиям к экологичности и энергоэффективности построек.

**Выводы.** Решающее значение при выборе индивидуального жилого дома приобретают его потребительские качества – стоимость, простота эксплуатации. Проектирование и строительство заглубленного жилища принято считать дорогостоящим предприятием. Но это утверждение не всегда верно. По данным американских исследователей, разница в стоимости строительства заглубленных домов относительно обычных находится в пределах 10 %, а эксплуатация подобных объектов позволяет экономить владельцам до 60 % необходимых энергетических ресурсов. Таким образом, практически не развитый на территории России и достаточно популярный за рубежом тип сооружений мог бы занять достойное место в современном индивидуальном домостроении.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вавилова Т.Я. Ретроспективный обзор документов ООН по проблеме устойчивого развития среды жизнедеятельности // Градостроительство и архитектура. 2011. № 1. С. 24–28. DOI: 10.17673/Vestnik.2011.01.5.
2. Ремизов А.Н. Стратегия развития экоустойчивой архитектуры в России // Устойчивая архитектура: настоящее и будущее: тр. Международного симпозиума. (17–18 ноября 2011 г.) Московского архитектурного института (государственной академии) и группы КНАУФ СНГ. М., 2012. С. 40–50.
3. Структура рынка потребления ресурсов. [http://www.subcontract.ru/Docum/DocumShow\\_DocumID\\_1089.html](http://www.subcontract.ru/Docum/DocumShow_DocumID_1089.html) (дата обращения: 12.04.2016).
4. Есаулов Г. В. Устойчивая архитектура – от принципов к стратегии развития // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. Архитектура и градостроительство. 2014. №6. С. 9–24.
5. Табунчиков Ю.А. Строительные концепции зданий XXI века в области теплоснабжения и климатизации // Архитектура и строительство Москвы. 2006. №2/3. С. 49–53.
6. Банникова А.О., Калинкина Н.А. Системы сертификации зданий как метод оценки экологичности и энергоэффективности недвижимости // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн / под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Е.А. Ахмедовой; СГАСУ. Самара, 2016. С. 13–16.
7. House in Wales. Future Systems [Электронный ресурс] <http://ideasgn.com/architecture/house-in-wales-future-systems/> (дата обращения: 20.04.2016).
8. Смирнова С.Н. «Земляное» жилище как составляющая экологической архитектуры [Электронный ресурс] // Архитектон: известия вузов». Теория архитектуры. 2013. №41. – URL: [http://archvuz.ru/2013\\_1/4](http://archvuz.ru/2013_1/4) (дата обращения: 25.04.2016).
9. The Neighbourhood. A sustainable subterranean house of the future [Электронный ресурс] <http://www.the-neighbourhood.com/work/projects/eco-house> (дата обращения: 20.04.2016).
10. Черепанов К.А. Проблемы формирования городской среды на неудобных территориях // Стратегия устойчивого развития регионов России. 2013. № 16. С. 126–130.
11. Асаул А.Н., Казаков Ю.Н., Пасяда Н.И., Денисова И.В. Теория и практика малоэтажного жилищного строительства в России / под ред. д.э.н., проф. А. Н. Асаула. СПб.: Гуманистика, 2005. 563 с.
12. Тетиор А.Н. Городская экология: учеб. пособие для вузов. М.: Академия, 2006. 336 с.

Об авторах:

#### БАНИКОВА Александра Олеговна

ассистент кафедры архитектуры жилых и общественных зданий  
Самарский государственный технический университет  
Архитектурно-строительный институт  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194  
E-mail: alexanda@li.ru

#### BANNIKOVA Alexandra O.

Assistant of the Architecture of Residential and Public Buildings Chair  
Samara State Technical University  
Institute of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194  
E-mail: alexanda@li.ru

#### КАЛИНКИНА Надежда Александровна

кандидат архитектуры, доцент кафедры архитектуры жилых и общественных зданий  
Самарский государственный технический университет  
Архитектурно-строительный институт  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194  
E-mail: nad\_si@mail.ru

#### KALINKINA Nadezhda A.

PhD in Architecture, Associate Professor of the Architecture of Residential and Public Buildings Chair  
Samara State Technical University  
Institute of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194  
E-mail: nad\_si@mail.ru

Для цитирования: Банникова А.О., Калинкина Н.А. Пассивное использование геотермальной энергии в индивидуальных жилых домах // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 102–105. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.17.  
For citation: Bannikova A.O., Kalinkina N.A. Passive Use of Geothermal Energy in Individual Homes // Urban Construction and Architecture. 2017. V.7, 3. Pp. 102–105. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.17.

**Т.Я. ВАВИЛОВА**  
**Д.С. КАЯСОВА**  
**Ю.А. ЛУКЬЯНОВА**

## **АРХИТЕКТУРНО-ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ**

**ARCHITECTURAL-TYOPOLOGICAL PRIORITIES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT  
OF THE URBAN ENVIRONMENT**

Главными задачами данной работы стали выявление актуальных направлений повышения качества городской среды и обобщение подходов к обеспечению её устойчивого развития. Рассматриваются зарубежные и отечественные направления формирования и совершенствования инфраструктуры объектов социальной сферы (арендное жильё, учреждения здравоохранения, образования и просвещения, культуры и искусства, физкультуры, спорта и туризма, социальной помощи и поддержки) и инженерно-коммунального обслуживания городов. Показаны определённые закономерности между демографической, хозяйственной, рекреационной ёмкостью территорий и потребительскими свойствами городской среды. Акцентируется внимание на вопросах количественного соответствия сети необходимых сервисных объектов и повышения качества проектных решений. Выявлены современные тенденции, соответствующие задачам снижения антропогенного воздействия зданий на окружающую среду.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, качество жизни, качество городской среды, обслуживающая инфраструктура, архитектурная типология

**Введение.** Согласно материалам Конференции ООН по проблемам окружающей среды и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.), целевыми ориентирами формирования новой модели мира, получившей название «устойчивое развитие», должно быть достижение экологического равновесия, социального благополучия и экономической стабильности. На сегодняшний день стратегии устойчивого развития, учитывающие региональные особенности, приняты более чем в 100 странах мира, включая Россию [1]. Ключевым понятием концепции устойчивого развития (УР) является качество жизни – интегральный показатель, признанный основным критерием оценки результатов экономических преобразований. В большинстве национальных стратегий устойчивого развития он представлен в виде системы индикаторов, характеризующих здоровье населения и благополучие условий жизнедеятельности в трудовой, бытовой и рекреационной сферах, а также экологическое состояние окружающей среды. В 2015 г. ООН приняла новый стратегический план действий –

*The research task of this paper was to identify the topical areas of improving the quality of urban environment and to generalize of approaches to ensuring its sustainable development. International and Russian trends in the formation formation and the optimization of infrastructure of community facilities (rental housing, health care, education, culture and art, physical training, sport and tourism, social maintenance) and engineering-communal services of cities was are treated. The authors revealed certain regularities between demographic, economic and recreational capacity of territories and the consumer properties of the urban environment. Attention is focused on the issues of quantitative correspondence of the network of necessary infrastructure facilities and improvement of the quality of design solutions. Current trends that correspond to the tasks of reducing the anthropogenic impact of buildings on the environment are also shown.*

**Keywords:** sustainable development, quality of life, quality of urban environment, service infrastructure, architectural typology

«Повестку дня в области устойчивого развития», которая рассчитана до 2030 г. Выделенная в этом документе цель 11 – устойчивое развитие городов и других населённых пунктов. Главными инструментами её реализации признаны эффективные технологии управления развитием городов и методы архитектурного проектирования, которые обеспечивают улучшение социального климата и экологических условий.

### **Качество жизни и целевые ориентиры устойчивого развития**

В связи с необходимостью координации международной деятельности представляет интерес сравнение некоторых подходов к оценке уровня качества жизни в городах. Например, в 2016 г. аналитическим подразделением британского журнала «Economist» были получены результаты мониторинга 140 городов Европы. Два крупнейших российских города – Санкт-Петербург и Москва заняли соответственно 76-й и 80-й места. Следует отметить, что в целом показатели мегаполисов оказались хуже, чем у городов с населением менее 1 млн. человек [2].

Рейтинг качества жизни, проведённый в 2014 и в 2016 гг. Департаментом социологии Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, охвативший соответственно 37 и 38 крупных и крупнейших городов страны с населением более 500 тыс. жителей, позволил выявить стабильную группу лидеров: Тюмень, Москва, Казань, Краснодар и Санкт-Петербург. Эти города отличаются развитой инфраструктурой объектов здравоохранения и образования, служб безопасности и жилищно-коммунального хозяйства, высоким уровнем благоустройства и транспортных коммуникаций и т.п. В них удалось снизить остроту проблем безработицы и миграции [3].

Сравнительный анализ результатов рейтингов позволяет сделать вывод о том, что повышению качества жизни способствуют оптимизация жилищных условий, развитая инфраструктура объектов социальной сферы и служб поддержания общественной и личной безопасности. Важная роль отведена определённым объектам недвижимости, входящим в архитектурно-типологические группы, обеспечивающие удовлетворение социальных потребностей, санитарно-гигиеническое соответствие и безопасность населения. При их проектировании и реконструкции требуется более активное использование методов экологизации и гуманизации среды, т.е. проектных технологий устойчивого развития.

#### **Социальная сфера и коммунальное хозяйство – приоритетные области внедрения технологий устойчивого развития**

Рассмотрим инфраструктуру объектов социальной сферы и коммунального хозяйства. Наиболее массовыми объектами социальной сферы являются учреждения образования и просвещения, здравоохранения, физкультуры, спорта и туризма, социальной помощи и поддержки. К объектам, обеспечивающим жизнеспособность города, относятся учреждения и сети коммунального хозяйства (очистные сооружения, объекты обращения с отходами и др.), полицейские участки, службы МЧС, в т.ч. пожарные депо, а также элементы ландшафтно-экологического каркаса.

Одной из самых развитых является группа образовательных учреждений. В нашей стране выделены следующие основные шесть типов: дошкольные, общеобразовательные, профессиональные организации, а также образовательные организации высшего, дополнительного и дополнительного профессионального образования. По данным Федеральной службы государственной статистики за 2015 г. на территории России было зарегистрировано примерно 50,1 тыс. учреждений дошкольного образования и около 42,7 тыс. государственных, муниципальных и частных общеобразовательных организаций, в которых воспитывалось и обучалось соответственно около 7,2 млн. дошкольников и около 14,6 млн. школьников. Организаций среднего профессиональ-

ного образования насчитывалось 3638, а общее количество студентов в них превысило 2,8 млн. человек. В 896 образовательных организациях высшего образования в России обучалось 4 млн. 766 тыс. человек. В частности, на территории Самарской области было зарегистрировано 28 вузов. Из них 17 – государственные [4]. Следует отметить, что в стране 440 зданий общеобразовательных организаций (0,9 % от общего количества) находились в аварийном состоянии, а 5837 нуждались в капитальном ремонте (12,3 %).

Учреждения здравоохранения – это больничные организации (более 5,4 тыс. на 1 млн. 222 тыс. коек), амбулатории и поликлиники для взрослого населения (свыше 18,6 тыс. учреждений), женские консультации и детские поликлиники (примерно 14,3 тыс. учреждений), а также фельдшерско-акушерские пункты (порядка 34,3 тыс.). Помимо этого в России создана развитая сеть из 3689 санаторно-курортных и рекреационных объектов.

В группу учреждений культуры, отдыха и туризма входит 38,9 тыс. библиотек, 665 профессиональных театров, 2758 музеев, 40,3 тыс. культурно-досуговых организаций, 31 зоопарк и 67 цирков. Помимо этого в России в 2016 г. действовало 44,5 тыс. детских оздоровительных лагерей и 13958 гостиниц.

Следует признать, что, несмотря на значительный прогресс, достигнутый благодаря реализуемым в России целевым государственным программам, в настоящее время в большинстве крупных и крупнейших городов демографическая, хозяйственная и рекреационная ёмкость территорий не сбалансирована. В частности, не всегда соблюдаются федеральные и региональные градостроительные нормативы формирования сети школ, детских садов. Недостаточная динамика повышения качества городской среды связана, в частности, и с тем, что в федеральных и региональных градостроительных нормативах отсутствуют нормы обеспеченности территорий объектами социальной помощи и защиты, которые необходимы уязвимым категориям населения. Это дома-интернаты для людей с ограниченными возможностями, детей и престарелых, центры оказания помощи семье, женщинам и детям, оказавшимся в сложной жизненной ситуации, бездомным, мигрантам и др. [5, 6].

Снижению санитарно-гигиенических свойств зон урбанизации способствует и то, что на протяжении многих лет в зонах влияния российских мегаполисов не строятся высокотехнологичные мусороперерабатывающие и мусоросжигательные предприятия. Проблема утилизации бытовых и производственных отходов остаётся одной из самых острых в коммунальной сфере наряду с проблемой предотвращения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Пожарные депо, полицейские участки и станции скорой помощи, выполняющие функции быстрого реагирования, строятся чрезвычайно редко и по проектам, которые значи-



тельно уступают лучшим мировым образцам как по энергоэффективности, так и по комфортности для персонала. В России, к сожалению, даже удельные показатели обеспеченности пожарными депо по сравнению с зарубежной практикой находятся

на довольно низком уровне (табл. 1). Возрастающая нагрузка на всю сеть объектов и на каждое пожарное депо в отдельности снижает потенциал жизненного цикла и эксплуатационные качества сооружений.

Таблица 1

Удельные показатели обслуживания населения противопожарными объектами в некоторых странах [7]

Страна	Количество объектов противопожарной защиты	Количество людей, находящихся под охраной 1 пожарного депо	Число пожаров, приходящихся на 1 пожарное депо, 2013 г.
Австрия	4 868	1 741	8
Великобритания	2 053	29 892	137
Норвегия	594	8 503	12
Польша	16 875	2 281	8
<b>Россия</b>	<b>5 300</b>	<b>26 981</b>	<b>29</b>
США	51 450	6 144	24
Финляндия	1 133	4 764	12
Франция	7 296	7 389	39
Чехия	7 618	1 378	2
Япония	1700	74 880	29

Особая роль в процессе устойчивого развития городской среды отводится формированию ландшафтно-экологического каркаса. Парки, скверы, бульвары, набережные, озеленение дворов и санитарно-защитных зон относятся к средопроизводящим элементам, обеспечивающим соблюдение экологического равновесия. Доказано, что именно озеленённые территории способствуют уменьшению вероятности образования такого неблагоприятного последствия глобального изменения климата, как «остров тепла» [8]. К сожалению, в базах данных официальной статистики не отведено места изменениям, происходящим в структуре систем озеленения городов России. В Самаре, например, несмотря на несоблюдение предусмотренных градостроительными нормативами радиусов обслуживания парков – 2 км, за последние десятилетия не было создано ни одного нового крупного объекта подобного типа.

Отсутствие необходимого количества всех перечисленных и других важных звеньев коммунального хозяйства, а также их типологическая ограниченность провоцируют снижение потенциала жизнеспособности городов, а соответственно и качества жизни в них.

#### Обзор международного опыта внедрения технологий устойчивого развития

В начале XX в. необходимым условием повышения качества городской среды стала экологизация и гуманизация среды жизнедеятельности. В связи с этим наиболее эффективными подходами к преобразованию зон урбанизации признаны, во-первых, разработка энергоэффективных решений зданий

и, во-вторых, оптимизация соотношения природных и антропогенных составляющих градостроительной системы – озеленения, застройки, инженерной и транспортной сети.

Широкое распространение в международной практике получили системы BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method, Великобритания, 1990), LEED (Leadership in Energy and Environmental Design, США, 1998) и DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, Германия, 2007). Они стали основой для разработки национальных «зелёных» стандартов во многих других странах, например, в Китае и в России. Кроме того, «зелёное» строительство активно продвигает Всемирный совет по экологическому строительству (WorldGBC). В настоящее время его представительства расположены в 74 странах. Массовое внедрение энергоэффективных технологий наблюдается в Евросоюзе, где следование Директиве 2012/27 и применение «зелёных» стандартов признано решающим фактором снижения эмиссии загрязняющих веществ и обеспечения необходимого людям комфорта [9–12].

Рассмотрим примеры передового опыта применения технологий устойчивого развития.

Внедрение принципиально нового подхода к проектированию и реконструкции массовых типов зданий уже стало обязательным условием в странах, где была внедрена экологическая сертификация. Очень активно «зелёные» технологии используются при проектировании новых и при реконструкции старых школьных зданий. Так, в американском Мидлтауне (штат Делавэр) по проекту архитектурного

бюро Gilbert Architects, несколько реализованных зданий которого уже получили сертификаты LEED, построена первая в стране начальная школа, интегрирующая архитектурные технологии и педагогические методики обучения, направленные на охрану природы (рис. 1). Здесь создан класс на открытом воздухе, в котором демонстрируются системы автономного теплоснабжения, «солнечное дерево» с фотоэлектрическими панелями, ветровая турбина, резервуары для сбора дождевой воды, подключенные к поливочной системе сада. Наглядная информация о работе оборудования в режиме реального времени выводится в районную информационную сеть [13].

Следует обратить внимание на то, что во многих странах мира инициаторами формирования и преобразования территорий и зданий в соответствии с принципами устойчивого развития становятся вузы [14]. Это учитывается при разработке долгосрочных планов их деятельности. Можно выделить следующие ключевые положения «дорожных карт» университетов: разумное отношение к освоению новых (природных) территорий при создании загородных кампусов, проектирование и реконструкцию зданий в соответствии с критериями систем экологической сертификации, а также учёт потребностей маломобильных групп населения, в том числе при модернизации существующих зданий [15, 16].

Рост популярности «зелёной» сертификации стал наблюдаться в последние годы и в России. Однако примеров сертифицированных школьных или университетских объектов в нашей стране пока нет. Изучение дорожных карт отдельных отечественных вузов показало, что на данный момент большинство университетов не планируют проведения энергоэффективной модернизации зданий. Из вновь построенных сооружений наиболее известным является «Гиперкуб» в инновационном центре «Сколково». В здании, построенном с применением технологий «умного» дома, размещаются офисы трёх значимых партнёров Фонда – компаний Siemens, IBM и CISCO.

В странах с высоким качеством жизни действие «зелёных» технологий проектирования и строительства стало распространяться на объекты коммунальной инфраструктуры. Так, в Австрии, Германии и Австралии успешно осуществляется строительство сертифицированных противопожарных объектов [17]. Примером использования стандарта пассивного дома стало пожарное депо г. Гейдельберг в Германии (арх. Peter Kulka Architektur, 2007 г.). Здесь снижение потребления энергии было достигнуто с помощью системы вентиляции, обеспечивающей рекуперацию тепла [18]. Ресурсосберегающие технологии были использованы и при строительстве пожарной станции в Верте (Нидерланды, архитектурное бюро bdg architecten). Здание целенаправленно сориентировано по сторонам горизонта (рис. 2). Активный вынос навеса, созданного над южным выездом пожарных машин, защищает от перегре-

ва пространства, скрывающиеся за остеклёнными поверхностями ворот. С северной, прохладной стороны расположены мастерские и офисы. Уникальный дизайн здания создают высококачественные рециклируемые фасады. Они изготовлены из чугунных проржавленных панелей, которые или декорированы узорчатым рельефом, или перфорированы [19].

Повышение потребительских качеств среды жизнедеятельности в городах, переживших эпоху индустриализации, в настоящее время неразрывно связывается с идеей ландшафтно-экологической реабилитации резервных пространств – бывших производственных зон, находящихся в депрессивном состоянии. Обширные заводские, портовые или коммунально-складские территории, корпуса цехов становятся уникальными рекреационными объектами. Такие проекты уже реализованы в Австралии, Бельгии, Германии, Италии, Китае, Нидерландах, США и в других странах. Например, в Париже в 2014 г. был сдан в эксплуатацию сад (рис. 3), ставший альтернативой заброшенному участку, который примыкает к крытому оптовому рынку. В непосредственной близости расположена действующая железная дорога. Под огромной металлической структурой навесов были созданы группы ярусных рядов скамей, травяные газоны, цветники и игровая площадка. С покрытий осуществляется сбор дождевой воды, которая накапливается в декоративно-технических бассейнах двойного назначения [20].

В конце XX в. действенным инструментом повышения качества жизни стали индикаторы устойчивого развития (ИУР). Процесс их научного обоснования завершился внедрением результатов в реальную практику градостроительства. Комиссия ООН по устойчивому развитию в 1996 г. предложила пионерную комплексную систему. Она содержит 136 показателей [21]. Наиболее заметные результаты преобразований демонстрирует Европа, где в 2008 г. Еврокомиссия приняла «План действий по устойчивому потреблению», в котором определены 9 задач и 19 целевых индикаторов [11]. В странах Евросоюза были апробированы такие системы индикации качества городской среды, как City Blueprint, European Green Capital Award, European Green City Index, Global City Indicators Programme, Indicators for Sustainability, Reference Framework for Sustainable Cities, STAR Community Rating System, Cities Statistics (Urban Audit), Urban Ecosystem Europe, Urban Metabolism Framework и Urban Sustainability Indicators. С 2011 г. в Китае используется система China Urban Sustainability Index [22,23]. В ряде других стран (Австралия, Бразилия, Малайзия и др.) учёными были разработаны подходы, позволяющие учесть региональную специфику [24–26]. Между собой системы индикации отличаются, в первую очередь, степенью дифференциации показателей. Однако в целом используется интеграция важнейших групп свойств – экологических, социальных и экономических.



Рис. 1. Школа в Мидлтауне, США [13]



Рис. 2. Пожарное депо в Верте, Нидерланды [19]



Рис. 3. Реабилитация депрессивной зоны в Париже, Франция [20]

**Выводы.** Обобщение подходов к совершенствованию качества урбанизированной среды с учётом целей устойчивого развития показало, что динамика изменения показателей (индикаторов) связана с регулированием демографической, хозяйственной и рекреационной ёмкости территорий. Необходимым условием повышения долгосрочной хозяйственно-экономической эффективности градостроительных объектов становится целенаправленное формирование ландшафтно-экологического каркаса. Основным средством снижения воздействия объектов недвижимости на окружающую среду признано внедрение экологической сертификации. Наиболее действенными способами повышения социокультурной ценности территорий являются формирование развитой сервисной инфраструктуры, улучшение внешнего облика, степени энергоэффективности и технического состояния наиболее распространённых, массовых типов объектов социальной сферы и коммунального хозяйства. Результативность приёмов повышения экологических, социальных и экономических показателей зависит от степени интеграции используемых градостроительных, архитектурно-планировочных, инженерных и эргономических методов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основные положения стратегии устойчивого развития России / под ред. А.М. Шелехова. М., 2002. 161 с.
2. Economist Intelligence Unit: Рейтинг городов мира по уровню качества жизни в 2016 году [Электронный ресурс] // Гуманитарные технологии: информационно-аналитический портал. URL: <http://gtmarket.ru/news/2016/08/26/7299> (дата обращения: 22.10.2016).
3. Рейтинг городов России по уровню жизни в 2016 году [Электронный ресурс] // Banki-v.ru: сайт. URL: <http://banki-v.ru/economics/rejting-gorodov-rossii-pourovnyu-zhizni/> (дата обращения: 25.10.2016).
4. Самарская область в цифрах [Электронный ресурс] / Министерство экономического развития, инвестиций и торговли Самарской области: сайт. URL: [http://economy.samregion.ru/activity/ekonomika/values\\_so/#science](http://economy.samregion.ru/activity/ekonomika/values_so/#science) (дата обращения: 16.10.2016).
5. Vavilova T.Ya., Potienko N.D., Zhdanova I.V. On modernization of capital construction projects in the context of sustainable development of social sphere. *Procedia Engineering*. 2016. Т. 153. С. 938–943.
6. Потенко Н.Д. Архитектура специализированных зданий для детей-сирот // *Градостроительство и архитектура*. 2014. №4 (17). С. 29–33. DOI:10.17673/Vestnik.2014.04.5.
7. Brushlinsky N.N., Ahrens M., Sokolov S.V., Wagner P. Center of Fire Statistics. World Fire Statistics. CTIF. International Association of Fire and Rescue Services. 2015. №20. 63 p.
8. Сорокина Е.А., Локощенко М.А. «Острова холода» в Москве [Электронный ресурс] // *Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ELPIT 2015: сборник трудов пятого международного экологического конгресса (седьмой международной научно-технической конференции)*. 2015. С. 254–261 (дата обращения: 16.03.2017).
9. Byrd H., Rasheed E.O. The productivity paradox in green buildings. *Sustainability*. 2016. Vol. 8. № 4. Article № 347.
10. Банникова А.О., Калинкина Н.А. Системы сертификации зданий как метод оценки экологичности и энергоэффективности недвижимости // *Традиции и инновации в строительстве и архитектуре*. Архитектура и дизайн: сборник статей / под ред.: М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Е.А. Ахмедовой; СГАСУ. Самара, 2016. С. 13–16.
11. Есаулов Г.В., Ломакина Д.Ю. Концепция устойчивого развития в стратегии градостроительной модернизации России // *Градостроительство*. 2011. №1. С. 8–11.
12. Кавешников Н.Ю. Политика Европейского Союза в области энергосбережения // *Вестник МГИМО Университета*. 2014. № 4 (37). С. 109–115.
13. Appoquinimink Environmental Technologies Classroom [Электронный ресурс]. Gilbert Architects: сайт. URL: <http://www.gilbertarchitects.com/project/appoquinimink-environmental-technologies-classroom/> (дата обращения: 05.12.2016).
14. Sonetti G., Lombardi P., Chelleri L. True green and sustainable university campuses? Toward a clusters approach. *Sustainability*. 2016. Vol. 8. № 1. P. 1–23.
15. Вавилова Т.Я., Каясова Д.С. Анализ тенденций совершенствования архитектурной среды университетов в контексте устойчивого развития // *Градостроительство и архитектура*. 2016. № 2. С. 79–84. DOI:10.17673/Vestnik.2016.02.15.
16. Вавилова Т.Я., Трифонкина Д.С. Приоритеты устойчивого развития: инфраструктура для научных исследований в вузах // *Научное обозрение*. М., 2015. №9. С. 299–303.
17. Лукьянова Ю.А. Опыт использования «зелёных» технологий при проектировании пожарных депо // *Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 71-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР / СГАСУ*. Самара, 2014. С. 391–393.
18. Erste deutsche Feuerwache in Passivhaus-Standard [Электронный ресурс]. Mapolis Architektur BIM: сайт. URL: <http://architektur.mapolismagazin.com/content/erste-deutsche-feuerwache-passivhaus-standard-%E2%80%93-feuerwache-heidelberg> (дата обращения: 22.10.2016).
19. Vlamme brandweerkazerne [Электронный ресурс] // bdg architecten: сайт. URL: <https://www.bdgarchitecten.nl/projecten/brandweerkazerne-weert> (дата обращения: 17.11.2016).
20. Paris 18eme. Zac Rajol [Электронный ресурс] // In Situ: сайт. URL: <http://www.in-situ.fr/#/projets/tous/zac-rajol> (дата обращения: 05.12.2016).

21. Бобылев С.Н. Индикаторы устойчивого развития для России // Социально-экологические технологии. 2012. № 1. С. 8–18.

22. Science for Environment Policy (2015). Indicators for sustainable cities. In-depth Report 12. Produced for the European Commission DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol. URL: <http://ec.europa.eu/science-environment-policy> (дата обращения: 28.10.2016).

23. Zhao, X. Early warning of urban residential development considering sustainability factors. International Journal of Smart Home. 2016. Vol. 10. № 6. P. 355–368.

24. Rezende J.F.C., Sinay M.C.F. Methodology for leading indicators on sustainable regional development. Rev. Adm. Pública – Rio de Janeiro. May/June 2016. Vol. 50. № 3. URL: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-76122016000300395&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-76122016000300395&lng=en&nrm=iso&tlng=en) (дата обращения: 11.10.2016).

25. Lin B.B., Meyers J., Beaty R.M., Barnett G.B. Urban green infrastructure impacts on climate regulation services in Sydney, Australia // Sustainability. 2016. Vol. 8. P. 788.

26. Yigitcanlar T., Kamruzzaman M., Teriman S. Neighborhood sustainability assessment: Evaluating residential development sustainability in a developing country context // Sustainability. 2015. Vol. 7. P. 2571–2602.

Об авторах:

**ВАВИЛОВА Татьяна Яновна**

кандидат архитектуры, доцент, профессор кафедры архитектуры жилых и общественных зданий Самарский государственный технический университет Архитектурно-строительный институт 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: [vatatyan63@yandex.ru](mailto:vatatyan63@yandex.ru)

**КАЯСОВА Дарья Сергеевна**

ассистент кафедры архитектуры жилых и общественных зданий Самарский государственный технический университет Архитектурно-строительный институт 443001, Россия, Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: [dashat063@gmail.com](mailto:dashat063@gmail.com)

**ЛУКЪЯНОВА Юлия Александровна**

аспирант, ассистент кафедры архитектуры жилых и общественных зданий Самарский государственный технический университет, Архитектурно-строительный институт 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: [vatatyan63@yandex.ru](mailto:vatatyan63@yandex.ru)

**VAVILOVA Tatiana Ya.**

PhD in Architecture, Professor of the Architecture of Residential and Public Buildings Chair Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: [vatatyan63@yandex.ru](mailto:vatatyan63@yandex.ru)

**KAYASOVA Daria S.**

Assistant of the Architecture of Residential and Public Buildings Chair Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: [dashat063@gmail.com](mailto:dashat063@gmail.com)

**LUKYANOVA Yulia A.**

Post-Graduate Student, Assistant of the Architecture of Residential and Public Buildings Chair Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: [vatatyan63@yandex.ru](mailto:vatatyan63@yandex.ru)

Для цитирования: Вавилова Т.Я., Каясова Д.С., Лукьянова Ю.А. Архитектурно-типологические приоритеты устойчивого развития урбанизированной среды // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 106–112. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.18. For citation: Vavilova T.Ya., Kayasova D.S., Lukyanova Yu.A. Architectural-typological priorities for sustainable development of the urban environment // Urban Construction and Architecture. 2017. V.7, 3. Pp. 106–112. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.18.

**Н.Д. ПОТИЕЕНКО****АРЕНДНОЕ ЖИЛЬЁ  
КАК СОЦИАЛЬНО-АРХИТЕКТУРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ****RENTAL HOUSING AS A SOCIO-ARCHITECTURAL EXPERIMENT**

*Статья посвящена современным тенденциям в проектировании и строительстве арендного жилья на основе зарубежного опыта. Приведены примеры социального арендного жилья в Европе и США, представляющие архитектурно-эстетический интерес. Изучены градостроительные, архитектурные, планировочные, конструктивные и стилистические приёмы строительства и проектирования социального арендного жилья за рубежом. Проанализирована функциональная структура арендного жилья, влияющая на уровень комфорта, исходя из социально-экономических отношений, складывающихся в обществе. Показаны варианты использования энерго- и ресурсосберегающих технологий, оборудования и материалов при строительстве социального арендного жилья в рамках концепции устойчивого развития городов. Делается вывод о переориентации зарубежной архитектурной практики с типового проектирования на индивидуальное, в том числе и социального жилья.*

**Ключевые слова:** социальное арендное жильё, энергоэффективные жилые комплексы

Повышенный спрос на жильё и высокая стоимость земельных участков в современных городах заставляют искать, с одной стороны, практичные, а с другой – оригинальные решения злободневного квартирного вопроса. В этом плане арендное жильё рассматривается во всём мире как один из способов решения этого вопроса [1–4]. Современное представление арендного дома отходит от ассоциаций с временным жильём второго сорта, и проекты арендного жилья последних лет подтверждают эту тенденцию. Внедрение арендных домов в массовое строительство требует корректировки архитектурно-типологических основ проектирования [5]. Это позволит архитекторам, инвесторам и арендаторам формировать параметры жилых объектов, более точно учитывать социально-демографические, архитектурно-строительные и градостроительные факторы при обеспечении необходимого уровня комфорта проживания. Концепция арендного жилья за рубежом включает в себя яркие архитектурные решения, неординарную эргономику квартир, наличие социально-ориентированной общественной зоны.

Одним из интересных социально-архитектурных экспериментов последнего десятилетия является застройка нового района Копенгагена – Эрстада (Дания), в состав которой входят, в том числе, студенче-

*The paper deals with modern trends in the design and construction of rental housing. It gives examples of social rental housing in Europe and the United States of America which are of architectural and aesthetic interest. Urban, architectural, planning, design and stylistic techniques for building and designing social rental housing abroad have been studied in the paper. Functional structure of rental housing influencing the level of comfort has been analyzed from the point of view of social and economic relations in society. The research demonstrates options for implementing energy and resource-saving technologies, equipment and materials in the construction of social rental housing as part of the concept of sustainable urban development. It comes to a conclusion that there is currently a change of foreign architectural practices from typical design to individual design, including social housing.*

**Keywords:** Social rental housing, energy efficient housing complexes

ские городки и многоквартирные дома для обычных граждан, которые не могут позволить себе студию или апартаменты в историческом центре [6–8]. В результате проведения застройщиками архитектурных конкурсов появилась интересная и качественная архитектура арендного социального жилья, такая как комплексы «VM house» и «Дом-гора» (рис. 1).

«VM house» спроектирован таким образом, что все балконы сделаны в виде конуса корабля (имеют треугольную форму) и обращены в одну сторону. Панорамное остекление, грамотное расположение и просчитанная форма здания обеспечили максимально возможное использование солнечной энергии. Проницаемость фасадов позволила обойтись естественной вентиляцией, а особенности конструктивной системы свели к минимуму потери тепла. В здании создано большое количество вариантов планировок квартир для различных групп населения, скомпонованных десятками разных способов. Использование коридорной системы на фасадах, обращённых друг к другу, позволило избежать непроизвольного подглядывания за соседями. Дворовое пространство комплекса несёт существенную социально-организационную нагрузку, образуя пространство для отдыха жильцов, прогулок с детьми и собаками, для игр, шашлыков, катания на велосипедах.

«Дом-гора» был построен, помимо прочего, для решения проблемы нехватки парковочных мест для домов «VM». Архитекторы сумели совместить наземный паркинг на 480 машин и 80 квартир площадью не более 90 м<sup>2</sup> в треугольной пирамиде. Их набор формирует озеленённую кровлю жилого дома террасами, спускающуюся вниз и ориентированную на юго-восток. Для лучшего проветривания и освещения парковки часть фасада дома отделана алюминиевыми перфорированными пластинами, отверстия которых складываются в силуэты гималайских вершин с Эверестом, эффектно подсвечиваясь в тёмное время суток. Деревянная обшивка дворовых фасадов создаёт образ множества загородных домов, вырастающих друг из друга.

Интересен опыт строительства района «Hammarby Sjöstad» в Швеции, которое планируется полностью завершить к 2020 г. [9, 10]. В его структуре

муниципальное сдаваемое в аренду жильё составляет 45 %. Площадь квартир варьируется от 40 до 120 м<sup>2</sup>. Авторы «Hammarby Sjöstad» создали образец гуманистического хай-тека в архитектуре в виде приземистых, футуристичных домов с увеличенной площадью остекления (рис. 2).

Помимо решения социальных задач в «Hammarby Sjöstad» решается задача значительного сокращения потребления водных и энергетических ресурсов. Так, водный канал аккумулирует дождевую воду из близлежащих домов и садов, на крышах домов установлены солнечные панели, которые являются дополнительными источниками энергии, вместо кондиционеров действует система централизованного охлаждения морскими водами. Здесь внедрена вакуумная система сбора мусора, который затем перерабатывают в биотопливо или сжигают на теплоэлектростанциях.

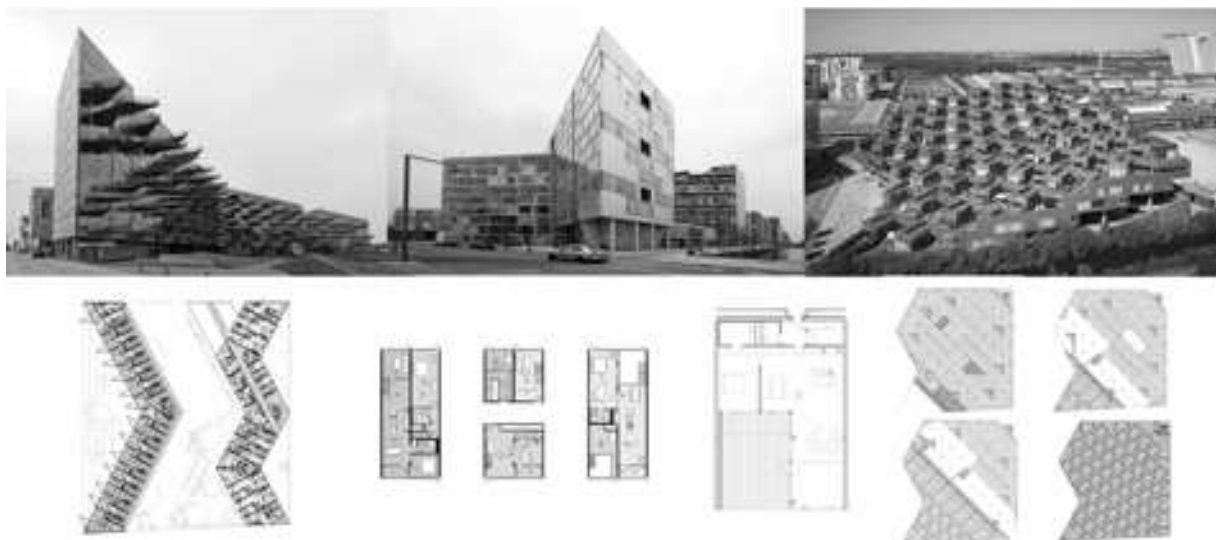


Рис. 1. Жилые комплексы «VM house» и «Дом-гора» в Копенгагене (Дания)



Рис. 2. Жилая застройка района «Hammarby Sjöstad» (Швеция)

Одним из примеров арендного жилья в Америке является «Station Center Family Housing», построенный в 2012 г. в Калифорнии [11]. Комплекс состоит из двух пятиэтажных домов, включающих в себя 157 доступных квартир, сдаваемых в аренду. Архитектурный интерес представляют многомерные динамические фасады зданий (рис.3). Дома обрамляют внутренний двор с игровой площадкой и грядками для выращивания зелени и овощей. Здание имеет фитнес-центр, бассейн, общие пространства для совместного отдыха и досуга. Кроме того, в здании достигнут высокий уровень энергоэффективности за счёт использования гелиотехники, высокоэффективной изоляции и освещения, приборов пониженного энергопотребления, датчиков движения для освещения и т.п.

В Нью-Йорке появился интересный проект «My Micro NY» как серия жилых комплексов, представленных

арендными микроквартирами площадью от 23 до 34 м<sup>2</sup> [12]. Первый комплекс, построенный в квартале Кипс-Бей района Ист-Сайд на Манхэттене, состоит из 55 квартир-модулей (рис. 4). Модуль представлен студией, в которую входит совмещенный санузел, шкафы для хранения вещей, складная и трансформирующаяся мебель. Панорамные окна помимо хорошего вида обеспечивают отличное освещение. Небольшая площадь квартир компенсируется наличием в комплексе складских и общественных помещений.

**Выводы.** Современный зарубежный опыт проектирования и строительства арендного жилья показывает устойчивую тенденцию отказа заказчиков и архитекторов от проектирования, основанного исключительно на нормативных требованиях. Наблюдается переход к индивидуальному проектированию, направленный на поиск неповторимой объёмно-простран-



Рис. 3. Жилой комплекс «Station Center Family Housing» в Калифорнии (США)



Рис. 4. Жилой комплекс «My Micro NY» в Нью-Йорке (США)



ственной композиции и своеобразных планировочных решений не только в элитном жилье, но и в социальном [13–15]. Индивидуальное проектирование без снижения эстетических качеств жилища ведётся даже при использовании изделий полной заводской готовности [16]. При этом все объекты возводятся с учётом энерго- и ресурсосбережения, а также бережного отношения к окружающей среде. Такая практика приводит, прежде всего, к снятию ряда проблем, наблюдаемых сегодня в России: невзрачность массовой застройки, функционально неразвитые планировки, устаревшие инженерно-строительные технологии и т.п.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колосовская А.А., Потиевко Н.Д. Эволюция развития типологической структуры арендного жилья за рубежом // Градостроительство и архитектура. 2016. №2(23). С. 109–114. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.03.18.
2. Потиевко Н.Д. Арендное жильё. Исторический опыт и современные тенденции развития // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн: сборник статей / СГАСУ. Самара, 2015. С. 122–128.
3. Потиевко Н.Д., Колосовская А.А. Анализ экономических механизмов строительства и распределения социального арендного жилья за рубежом // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн: сборник статей / СГАСУ. Самара, 2016. С. 123–126.
4. Потиевко Н.Д. Арендное жильё как решение жилищной проблемы детей-сирот // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 71-й юбилейной Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР / СГАСУ. Самара, 2014. С. 396–397.
5. Генералов В.П., Генералова Е.М. Проблемы формирования массового доступного жилья в России // Градостроительство и архитектура. 2014. №4(17). С. 10–18. DOI: 10.17673/Vestnik.2014.04.2.
6. Дом «V», дом «M» и дом «гора» / Сайт журнала LiveJournal (Живой журнал). Опубликовано на сайте: 23 марта 2012. Режим доступа: <http://varlamov.ru/539907.html> (дата обращения: 08.11.2016).
7. VM Houses / BIG + JDS | ArchDaily. [Электронный ресурс] / VM Houses / BIG + JDS. Режим доступа: <http://www.archdaily.com/970/vm-houses-plot-big-jds> (дата обращения: 09.11.2016).
8. Как устроен Эрестад, современный спальный район Копенгагена / Сайт 21.BY Стартовая страница Беларуси. Опубликовано на сайте: 24.06.2014. Режим доступа: <http://news.21.by/economics/2014/06/24/947326.html> (дата обращения: 09.11.2016).
9. Стокгольм – Город будущего / Сайт журнала LiveJournal (Живой журнал). Опубликовано на сайте: 31 мая 2012. Режим доступа: <http://ru-travel.livejournal.com/22155956.html> (дата обращения: 08.11.2016).
10. Экорайон Стокгольма Hammarby Sjöstad - Хаммарбю Хёстад / Озёрный город Хаммарбю / Сайт журнала ЖЖ (Живой журнал). Опубликовано на сайте: 20 февраля 2012. Режим доступа: <http://rsabc.livejournal.com/35448.html> (дата обращения: 10.11.2016).
11. Сайт архитектурной мастерской David Baker Architects. Режим доступа: [http://dbarchitect.com/project\\_detail/148/Station%20Center.html](http://dbarchitect.com/project_detail/148/Station%20Center.html) (дата обращения: 08.11.2016).
12. Горских И. Ваше мнение: арендный комплекс микроквартир – эффективное решение квартирного вопроса? / Сайт журнала LiveJournal (Живой журнал). Опубликовано на сайте: 5 августа 2015. Режим доступа: <http://igor-gorskih.livejournal.com/9254.html> (дата обращения: 10.11.2016).
13. Генералов В.П., Генералова Е.М. Поиск новых форм массового доступного жилья // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 71-й юбилейной Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР / СГАСУ. Самара, 2014. С. 381–382.
14. Аксёнова И.В. Доходные дома вчера и сегодня // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 10. С.15–19.
15. Шомина Е.С. Ведомственное жильё: проблемы и перспективы. Предприятия возвращаются на «жилищное поле» муниципалитетов // Муниципальная власть. 2014. № 4–5. С. 32–39.
16. Generalova E.M., Generalov V.P., Kuznetsova A.A. Modular buildings in modern construction // Procedia engineering. 2016. Т. 153. С. 167–172.
17. Vavilova T.Ya., Potienko N.D., Zhdanova I.V. On modernization of capital construction projects in the context of sustainable development of social sphere // Procedia engineering. 2016. Т. 153. С. 938–943.

Об авторе:

### ПОТИЕНКО Наталья Дмитриевна

кандидат архитектуры, декан архитектурного факультета, доцент кафедры архитектуры жилых и общественных зданий Самарский государственный технический университет Архитектурно-строительный институт 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: Natalia.potienko@mail.ru

Для цитирования: Потиевко Н.Д. Арендное жильё как социально-архитектурный эксперимент // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 113–116. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.19.  
For citation: Potienko N.D. Rental Housing as a socio-architectural experiment // Urban Construction and Architecture. 2017. V.7, 3. Pp. 113–116. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.19.

### POTIENKO Natalia D.

PhD in Architecture, Dean of the Architecture Faculty, Associate Professor of the Architecture of Residential and Public Buildings Chair Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: Natalia.potienko@mail.ru

**М.В. СОЛОДИЛОВ  
Е.С. КОРОБОВА**

## **СИНТЕЗ АРХИТЕКТУРЫ И МОНУМЕНТАЛЬНО-ДЕКОРАТИВНОГО ИСКУССТВА В АРХИТЕКТУРЕ СОВЕТСКОГО МОДЕРНИЗМА НА ПРИМЕРЕ ТОЛЪЯТТИ**

**A SYNTHESIS OF ARCHITECTURE AND MONUMENTAL DECORATIVE ART IN THE ARCHITECTURE OF SOVIET MODERNISM WITH TOGLYATTI TAKEN AS AN EXAMPLE**

*В статье рассмотрены предпосылки возникновения принципа синтеза архитектуры и монументально-декоративного искусства, появившегося в отечественной версии архитектуры модернизма начиная с 60-х гг. XX в. Освещено творчество архитекторов и художников, внесших вклад в модернистскую архитектуру художественными и пластическими средствами. Отмечается влияние московских художников-монументалистов, работавших в СССР, на образ молодых советских городов. Приводятся примеры реализации принципа синтеза архитектуры и монументального искусства, а также рассматривается принцип единого плана художественного оформления города, возникшего в советской архитектуре. На основе исследования архивных материалов показаны объекты, в которых реализовывался вышеуказанный принцип. Дается предположение о причинах упадка, наблюдаемого в монументальном искусстве. Предсказывается появление современных форм искусства, взаимодействующих с архитектурой. Рассмотрены объекты, в которых воплотился принцип синтеза архитектуры и монументально-декоративного искусства, ставшие потенциалом и внутренним ресурсом для туристической и культурной привлекательности города.*

**Ключевые слова:** монументальное искусство, постиндустриальный город, мозаика, синтез искусств, трансформация постсоветских городов

По прошествии последних нескольких десятилетий произведения монументально-декоративного искусства советского периода становятся ресурсом дополнительного повествования об истории города, о его пространствах и местах, представляя интерес для экскурсов в мировую художественную культуру через историю малого города, облик которого был создан рукотворными произведениями художников-монументалистов советской эпохи. Значимость советского монументального искусства до сих пор не оценена по достоинству. Кого-то оно очаровывает утопичностью тем и мотивов, кого-то привлекает поиском мест этих произведений в контексте развития мирового искусства. В современном искусствознании интерес представляет анализ предпосылок появления особой формы синтеза монументально-декоративного искусства и архитектуры, а также способы

*The article describes the background of the principle of architecture and monumental arts synthesis that emerged in the domestic version of modernism in 1960s. It mentions artists and architects who contributed to the modernist architecture enrichment with artistic and plastic tools. The influence of Moscow monumentalists who worked all over the USSR improving the image of young Soviet cities is stressed. With Togliatti as an example, the paper demonstrates different ways how the principle of architecture and monumental arts synthesis might be applied and also discusses the principle of a single urban design plan that emerged in Soviet architecture. The authors describe construction objects built according to this principle, give glimpses of biographies of artists. The given details are based on the previous archive studies. They also provide possible reasons for the decline in monumental art and predict the emergence of modern forms of art that would interact with architecture. Objects, to which the principle of architecture and monumental arts synthesis might be applied, become a potential and an internal resource for tourist and cultural attraction of the city.*

**Keywords:** Togliatti, monumental art, post-industrial city, mosaic

актуализации и переосмысления монументального наследия советского периода.

Понятие «синтез искусств» подразумевает единство их различных видов, каждый из которых, дополняя друг друга, является частью целого произведения. Результатом соединения архитектуры, монументальной живописи, скульптуры становится произведение более высокого эмоционального, эстетического воздействия, чем каждое из этих искусств в отдельности. Монументальная живопись и скульптура в тесном взаимодействии с архитектурой являются основным творческим инструментом для художественной организации городской среды в жилых районах, парках, на улицах, станциях метро.

Синтез монументально-декоративного искусства и архитектуры получил яркое отражение в произведениях советского модернизма. Одна из

заметных особенностей этого стиля – наличие декоративных элементов, мозаичных панно, смягчающих модернистскую эстетику и работающих на уровне человеческого эмоционального восприятия.

Город Тольятти, а вместе с ним и другие молодые города, которые строились на степных просторах, не обремененные эпохальностью стилей предшествующих эпох, концептуально впитывали в себя все новейшие веяния. Модернизм, как стиль лаконичный, решительный, недорогостоящий, функционально рациональный, был заимствован как технологически быстро возводимый и тем самым абсолютно приемлемый для решения достижения цели возведения города в короткие сроки. А созданные художественные комбинаты могли обеспечить быстро и качественно любой объем монументальной продукции.

Образ массовой застройки западного модернизма, лишенный декоративных излишеств, в 50-е гг. прошлого века стал подвергаться критике. Застройка нидерландской деревни Нагеле собрала целый свет архитектурного авангарда 1950-х гг.: Ван Эйк, Ритвельд, Бакема, Ван ден Брук, Нигеман, Стам и другие (33 участника) [1, с.194,195]. Создатели новых микрорайонов всесторонне заботились о жителях, но очень скоро их проекты начали осуждать за утрату человеческого измерения, сомасштабности простой будничной жизни. Излишняя монотонность и однообразие – основные претензии к модернистам. Архитекторы, исповедующие принцип лаконичности архитектурного языка, старались дополнять свою работу художественными приемами. Дисбург разрабатывал цветовые гаммы для фасадов зданий Ауда еще до войны, Аллерт Варнерс также разрабатывал многочисленные варианты цветовых решений фасадов. Исходя из критики социологов и психологов, человеку не хватало представления о собственном доме как об исключительном месте, гарантирующем надежность, безопасность и воплощение собственного «я». Жилая среда модернистской архитектуры растворяла возможность самоидентификации из-за отсутствия уникальности окружающего пейзажа, топографии квартала или фасада. Официальная статистика от 1959 г. зафиксировала рост числа желудочных заболеваний от 30 до 50 % у жителей новых микрорайонов, что связывалось со специфическими условиями окружающей среды и имело психосоматическую природу [2, с.492]. Параллельно возникали группы противодействия складывающейся ситуации, применившие методологию современного искусства. Амстердамская группа «Право» устраивала массовые перформансы и хэппенинги, распространяла листовки с инструкциями по участию в коллективных акциях («белые планы»), устраивала свободное велосипедное движение, совершала ежедневные камлания (общение с духами) на площади, провозгласив местную статую «никотиновым демоном».

Крупные западные монументалисты вроде Давида Альфаро Сикейроса, Диего Ривера, Фернана

Леже, Эдуарда Пиньона были членами коммунистических партий или сочувствующими социалистическим идеям, что заметно отразилось на вкусах советской партийной номенклатуры. Мозаики и фрески, витражи и гобелены, стенопись синтетическими красками и панно из алюминия, гнутого металла, керамических плиток, пластика создавались современными западными художниками в интерьерах и на фасадах промышленных и жилых зданий, спортивных комплексов, аэровокзалов, рабочих клубов, ресторанов, школ и университетов. Эти работы отличались художественным изяществом, остроумием, рациональностью композиционных решений, умением найти место декора на стене, а также в сочетании с модернистской безордерной архитектурой. В ряде случаев стенописный декор с простым рисунком покрывал стену или несколько стен здания. Иногда мозаикой покрывали специально возведенную стену рядом около здания. В городе Сен-Лео (Нормандия) рядом с административным зданием на такой специальной стене выполнена мозаика по эскизу Ф. Леже. Зарубежный опыт был тщательно переработан советскими зодчими, подключившими художников к оформлению архитектуры.

Таким образом, синтез искусств постепенно вошел в архитектуру модернизма на Западе, а к середине 60-х гг. XX в. получает особенное признание в отечественной практике. В частности, отрезок от Садового кольца до Арбатской площади в Москве осуществлен по проекту М. Посохина и большого коллектива соавторов. Архитектурный замысел проспекта предложил, на основе впечатлений из зарубежных поездок, Н. Хрущёв. Генерального секретаря особенно вдохновила оживленная набережная Гаваны, застроенная высотными гостиницами.

В композиции ансамбля проспекта Калинина в Москве использованы возможности синтеза архитектуры с произведениями монументально-декоративного искусства. Авторы не пошли по пути использования множества мелких декоративных элементов, которые, в большинстве случаев расплываясь, не оставляют сильного впечатления, а предлагали наиболее целесообразным создание одного значительного акцента, крупного и запоминающегося [3, с.27]. Таким акцентом стало мозаичное панно, выложенное из различных пород естественного камня на внешней поверхности цилиндрического объема конференц-зала. Над художественным оформлением проспекта работали художники: Н. Андронов, А. Васнецов, В. Эльконин. Позднее А. Васнецов будет привлечен для оформления пешеходной эспланады Автозаводского района Тольятти, где впервые была предложена идея единого художественного оформления города и заявлен принцип синтеза архитектуры и монументально-декоративного искусства. В. Эльконин вместе со своей женой будет трудиться над мозаиками внутреннего дворика и интерьера музыкальной школы № 4 и интерьерами Дворца

Пионеров в Тольятти. Через содержательную суть монументального изображения раскрывается функциональная принадлежность здания, экстерьерное убранство здания является информационным знаком, символом, отражающим назначение здания в социокультурном пространстве городской среды, декор подчеркивает тектонику формы здания. Например, мозаики Дворца спорта «Волгарь» в Тольятти, оформляющие объем лестничных блоков, выходят на фасад здания, чем подчеркивается «честность» модернистской архитектуры, отвергающей заигрывание с декорированием фасада как элемента здания.

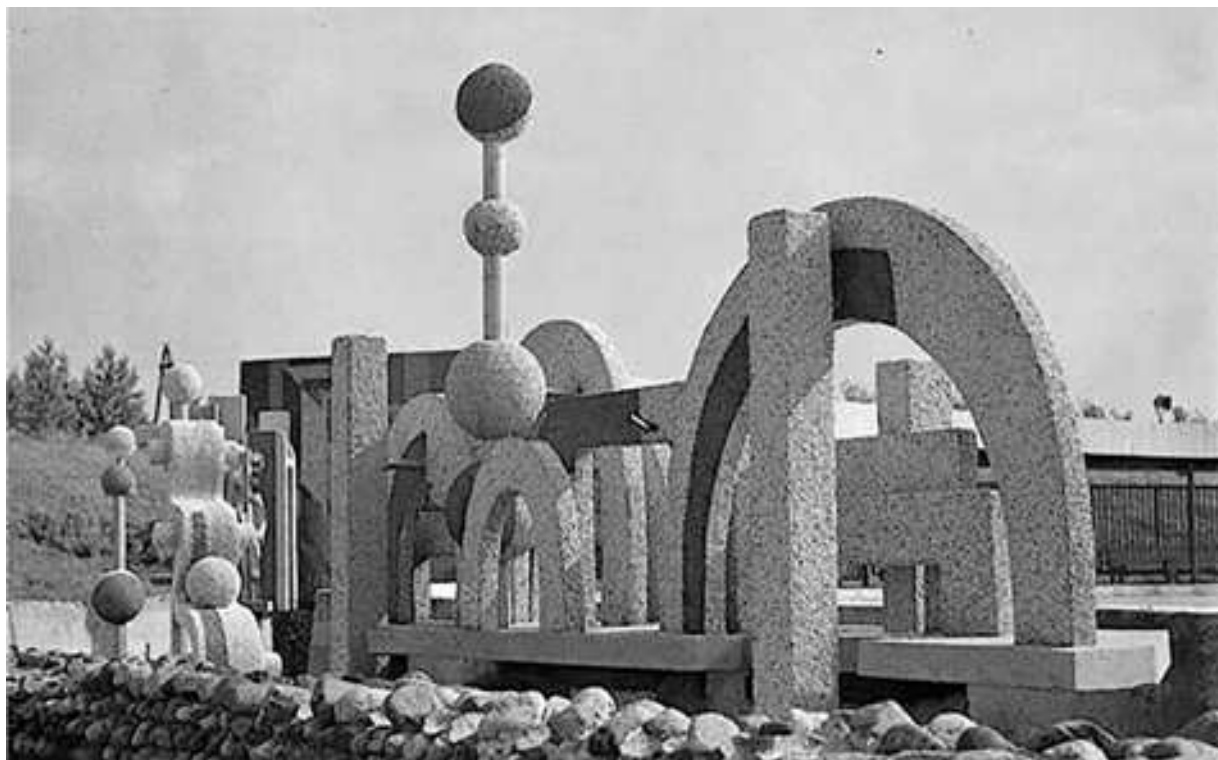
Стремительный рост техники, развитие индустриального, сборного домостроения, применение новых материалов обусловили иное, чем раньше, отношение к архитектурной художественной форме при новой конструктивной основе здания. Роль и значение монументального искусства в современном строительстве стали гораздо больше, чем в прошлом [4, с.19]. Прототипом художественно-эстетического решения декора молодого города Тольятти послужила архитектура советского модернизма.

Автор брошюры «Новый Тольятти» архитектор Б. Рубаненко охарактеризовал сложившиеся тенденции в застройке города: «Пластическая образная характеристика отдельных фрагментов города на всех уровнях городского организма должна раскрываться художественно-пластическим строем самой застройки, средствами архитектуры и в синтезе с монументальным и декоративным искусством» [5,

с. 10]. Для преодоления скупости урбанистического пространства в 70-е гг. XX столетия в Тольятти были приглашены художники-монументалисты, которые создали серию произведений монументально-декоративного искусства (илл. 1–4). Автозаводский район Тольятти был запроектирован на основе современных теорий и концепций того времени, и созданные художественные произведения были исполнены на адекватном языке, на котором говорила в тот момент архитектура.

В частности, в генплане Рубаненко по оформлению Автозаводского района города Тольятти эспланада, протянувшаяся от набережной Жигулёвского водохранилища до площади перед кинотеатром «Сатурн», занимала особое место. Именно на ней предполагалось основное размещение произведений искусства. Здесь была задумана пешеходная зона, оформленная многочисленными фонтанами, декоративными скульптурами и мозаичными стелами. Прибрежная зона Тольятти, которой придавалось в плане очень большое значение, должна была включать в себя парадные набережные со сходами к воде и огороженные чугунными решетками, пляжи, спортивные комплексы, такие как стадион, большой крытый плавательный бассейн, многочисленные корты и Дворец спорта «Волгарь».

В молодом строящемся городе Тольятти для художников была организована особая площадка для творчества, давшая полную свободу в плане выбора форм, но однозначно подчиненная заданному



Илл. 1. В. Бубнов, В. Шапошникова, С. Винорад. 1981–1983, Городская танцевальная площадка

содержанию. Оно отражало или видение образцового социалистического настоящего (мозаики Дворца спорта), или абстрактные образы искусства будущего (мозаичное панно кинотеатра «Сатурн»). Живопись и скульптура раскрывали идеи, заложенные в произведении, усиливали его идеологическое воздействие на человека. Вступая в синтез с архитектурой, произведения монументального искусства конкретизировали идейное содержание здания, ансамбля или архитектурно организованного пространства. Архитектура воздействует на художественную форму монументальной живописи, на ее масштабность и пропорции, ритм, цвет и фактуру. Масштабный строй произведения монументальной живописи можно определить темой композиции, эмоциональным замыслом и т. д. Но эта живопись подчиняется масштабам пространства, в котором изображение находится. Тектоника архитектуры, организуя внутреннее пространство, диктует свои масштабные закономерности. Единство систем масштабного строя архитектуры и монументальной живописи является одним из каналов, ведущих к синтезу искусств [6, с.54].

Иллюстрацией принципа «синтеза искусств» являются мозаичное панно С. Тер-Григоряна «Человек, природа, спорт» во Дворце спорта «Волгарь» и мозаики В. Эльконина на фасаде и в интерьере музыкальной школы № 4 г. Тольятти, активно участвующие в пластическом оформлении объемов зданий. Композиции мозаичного панно, расположенные вдоль лестниц Дворца спорта, – «Сила», «Ловкость», «Грация», «Меткость» и другие олицетворяют здоровый образ жизни и, таким образом, раскрывают функциональную принадлежность здания. Объединенные изображениями природных элементов, вместе эти композиции составляют единое непрерывное целое. Растения, птицы, животные, которые изображены на многих участках композиции, придают работе своеобразный вид, наводят на мысль о красоте и полнокровности жизни, о связи человека с природой [7, с.3]. Тер-Григорян в данной работе отобразил природу именно этого края, в первую очередь показал величие реки Волги. Сплошной мозаичный узор Дворца спорта «Волгарь» покрывает конструктивные вертикальные опоры внутри здания, проходит через все пять этажей и в верхней части опор выходит наружу, соединяя интерьер и экстерьер в единое целое.

Мозаика в интерьере музыкальной школы № 4 представляет собой изображение многочисленных музицирующих на различных инструментах силуэтов. Они живут своей жизнью, отделенные от реальных маленьких музыкантов тонкими арочными дугами, за которыми они двигаются, то выступая на свет, то практически превращаясь в тени. В. Эльконин создает панно не только на стене при входе в концертный зал, но и во внутреннем дворе. Мозаика в экстерьере школы видна сквозь стеклянную стену вестибюля, таким образом, она объединяет внутрен-

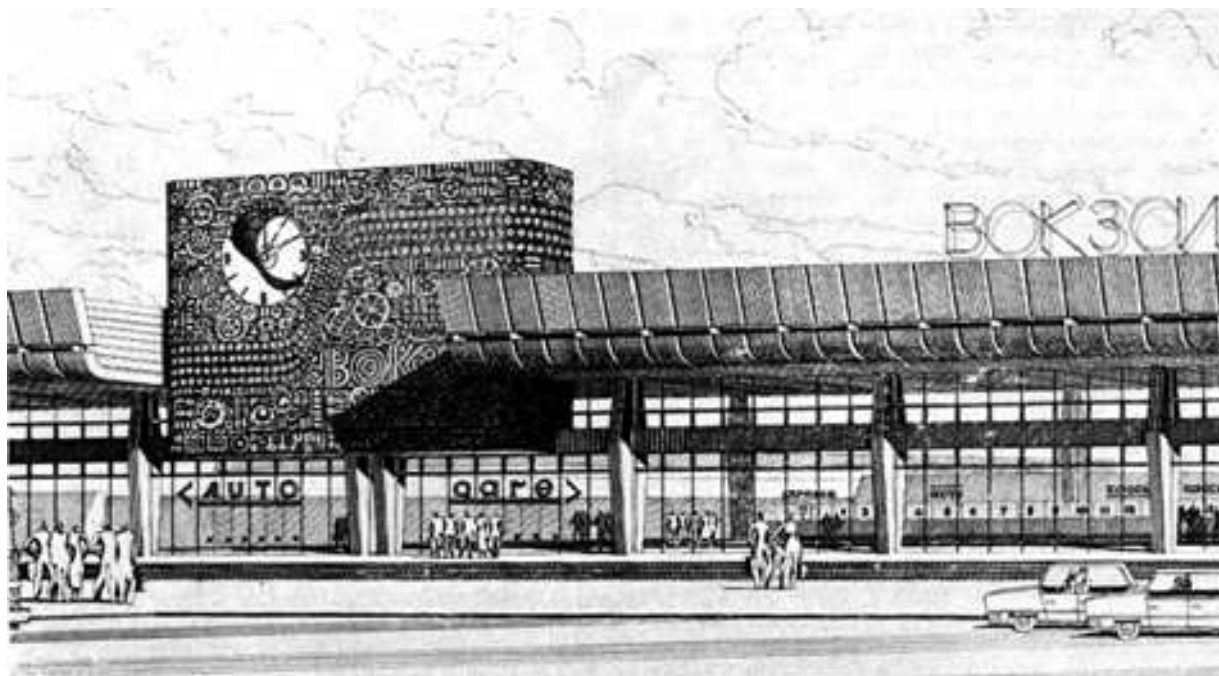


Илл. 2. В. Эльконин. Внутренний двор музыкальной школы № 4

нее и внешнее пространство помещения. В мозаике на фасаде изображены поющие птицы.

Иллюстрацией еще одного принципа «синтеза» могут послужить мозаики на фасаде кинотеатра «Сатурн» (1974 г.) и флорентийская мозаика в фойе Дворца культуры и техники г. Тольятти (ДКиТ) Автозаводского района. Мозаика на боковых торцевых стенах кинотеатра, созданная А. Васнецовым, представляет собой волнообразный узор из гальки горных массивов с вкраплением голубых и сиреневых камней. На расстоянии кажется, что стена кинотеатра задрапирована складками гигантского занавеса, создавая некое таинство, как бы скрывая от глаз происходящее в здании.

Автором флорентийской мозаики является В. Бубнов. Флорентийская мозаика в ДКиТ разбита на 11 прямоугольных форм, не равнозначных по площади, в каждой из которых просматривается определенный сюжет. Доминирующей является тема автомобиля, 1/4 площади панно рассказывает об истории его развития. Чуть меньшую плоскость занимает тема игры ребенка. Фрагментарно представлены портреты современников, динамизм транспортного движения на городских магистралях,



Илл. 3. Автовокзал и Железнодорожная станция Тольятти.  
(Мозаичное панно не реализовано)



Илл. 4. Торговый центр в Тольятти

стройность тольяттинских тополей, живописность просторов, поднимающийся в небо косяк птиц. Это панно содержит личные впечатления столичного мастера, которые он получил в молодом динамично развивающемся городе [8, с.178]. Следует отметить, что панно по материалу и колориту подчиняется общему интерьеру Дворца культуры.

Творческий метод В. Бубнова предполагает активное вмешательство в архитектурное пространство сооружений. Интересной работой автора стало решение фасада советского посольства в Мавритании (архитекторы Ф. Новиков, Г. Саевич). В. Бубнов выполнил фонарь из латуни и стекла для ниши входа. И это произведение монументально-декоративного искусства эффектно завершило всю композиционную систему экстерьера. Следует упомянуть и оформление станции «Московская» Пражского метро (совместно с В. Неклюдовым и П. Шорчевым), цикл разнофункциональных светильников для Дома ветеранов кино в Москве, рельеф для советского генконсульства в Швеции (совместно с В. Шапошниковой), декоративные скульптуры и мозаики для танцплощадки в Тольятти, а также участие в работе по комплексному художественному решению экстерьера и интерьера Одесского государственного театра музыкальной комедии (архитектор Г. Топуз).

В Тольятти В. Бубнов выполнил ряд индивидуальных проектов, входивших в большой комплекс монументальных произведений, художественным руководителем этих проектов был Ю. Королев [9].

Юрий Константинович Королев сделал художником В. Бубнову и его супруге В. Шапошниковой предложение по работе в Тольятти. Он познакомил их с тольяттинским архитектором С. Виноградом. Эта встреча послужила началом многолетнего творческого сотрудничества художников. Все подготовительные работы проводились в Москве. А далее с помощью бригады помощников шла реализация в натуре на объектах. Василий Бубнов неоднократно один или с Валерией Шапошниковой приезжали в Тольятти для согласования эскизной начальной стадии, на авторскую натуру при исполнении [6] и т.д.

К работам В. Бубнова в Тольятти относятся:

1. Общегородская танцевальная площадка около набережной (в соавторстве с В. Шапошниковой).
2. Рельеф административного здания на ул. Юбилейной, 40а (в соавторстве с В. Шапошниковой).
3. Работы во Дворце культуры Автозаводского района:

- флорентийская мозаика в фойе ДКиТ;
- эскизы люстр для зрительного зала в ДКиТ.

Работы В. Бубнова не носили какой-либо политической подтекст. Он смотрел на них с точки зрения целесообразности в данной архитектуре, а также художественно-пластических решений этих композиций. По словам автора, время его работы в Тольятти нельзя выделить в отдельный творческий период, так как одновременно он работал и над другими объекта-

ми в стране и за рубежом. Пример такой зарубежной работы – советское представительство в Гётеборге, посольство в Мавритании, метро в Праге.

Интересную содержательную историю имеет монументально-мозаичная стела «Радость труда» (1977-1978 гг.). Автором стелы является Ю. Королев. Она расположена между набережной и Дворцом спорта «Волгарь». Длина стелы около 100 м, выполнена она многоцветным смальтовым узором. Этот объект монументального искусства должен был привлекать внимание горожан не только вдоль пешеходной зоны, но и сверху, из окон расположенной рядом высотной гостиницы «Вега». Стела посвящена присвоению имени 50-летия СССР Волжскому автомобильному заводу, поэтому главный замысел подразумевал изображение трудовых будней и героических моментов советского народа в течение этих пятидесяти лет. Данный архитектурный объект выполнен в традиционном жанре рассказа о «житиях святых», только вместо святых здесь показана судьба России. На протяжении всего мозаичного полотна представлены самые значимые моменты истории нашей страны: рождение СССР, гражданская война, образование республик, мирный день перед войной, Великая Отечественная война, восстановление городов, строительство заводов, человек в космосе, ученые страны [10, с.340]. Фрагменты представляют собой законченные композиции, но вместе они превращаются в неразрывный поток, в череду сменяющихся поколений. Нескончаемое красное полотнище фона – это летопись советского периода нашей Родины. Трагическое горение красок подчеркивает всю сложность и напряженность этого времени для нашего народа.

В монументальных работах Ю. Королёва прослеживается гражданственность и патриотизм, активная общественная и творческая позиция, увлеченность большими социальными идеями эпохи. В свои работы он всегда привносил индивидуальные особенности пластического мышления, образного претворения замысла. В своем творчестве Ю. Королёв обращался к социальным темам современности. К его наиболее известным работам можно отнести роспись в соавторстве с Б. Тальбергом в Ленинградском институте физической культуры имени Лесгафта под общим девизом «Слава советскому спорту!» (1956), два монументальных панно – «Люди моря Севера» и «Люди земли Севера» в фойе Драматического театра в Мурманске (1961-1964), мозаика «Народ и армия едины» для Центрального музея Вооруженных сил СССР (1961-1965), мозаика «Космос» (1965-1969) на торце одной из московских школ. Также автор создал большое количество витражей: «Тишина. Мир», «Лесная сказка», «Азербайджан», «Революция», «Рабочий класс» и др.

**Вывод.** Синтез монументально-декоративного искусства и архитектуры в настоящее время является феноменом, нуждающимся в глубоком осмыслении.

Подобное историческое наследие в настоящее время может стать как блоком историко-культурного наследия г. Тольятти, с включенностью в экскурсионные маршруты и новые общественные пространства, так и основой для современных интерпретаций в рамках городских событий и нового повествования о городе [11, с.112].

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Малич К. Массовое жилище как объект творчества. Роль социальной инженерии и художественных идей в проектировании жилой среды. Опыт XX и проблемы XXI века / НИИ теории и истории изобразительных искусств при Российской академии художеств. М., 2015. 496 с.
2. Wagenaar C. Town Planning in the Netherlands since 1800. Rotterdam: 010 Publishers, 2011. P. 492.
3. Посохин М.В., Пекарева Н.А., Рацкевич Ю.В. Здание СЭВ в Москве. М.: Искусство, 2000. 200 с.
4. Посохин М.В. Архитектура и монументальное искусство // Архитектура СССР. 1980. №10. С. 48–56.
5. Рубаненко Б.П. Образная организация пространства нового города // Искусство. 1983. №1. С. 20–24.
6. Мачулис А. Взаимодействию искусств – тектоническую логику архитектуры // Архитектура СССР. 1978. №9. С. 48–56.
7. Москаленко В. Мозаика Дворца спорта // За коммунизм. 1975, 13 сент., № 187. С. 3.
8. Коробова Е.С. Пассивный вандализм: проблема формирования исторического облика молодого города // Современные образовательные технологии в мировом учебно-воспитательном пространстве: сборник материалов V Международной научно-практической конференции / под общ. ред. С.С. Чернова. Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2016. С.178–183.

Об авторах:

#### СОЛОДИЛОВ Михаил Владимирович

кандидат архитектуры, старший преподаватель кафедры дизайна  
Самарский государственный технический университет  
Архитектурно-строительный институт  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,  
тел. (846) 339-14-05  
E-mail: solodilove@mail.ru

#### КОРОБОВА Екатерина Сергеевна

студентка кафедры живописи института изобразительного и декоративно-прикладного искусства  
Тольяттинский государственный университет  
445020, Россия, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

9. Википедия [Электронный ресурс] // URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Королёв,\\_Юрий\\_Константинович](https://ru.wikipedia.org/wiki/Королёв,_Юрий_Константинович) (дата обращения: 28.02.2017).

10. Коробова Е.С. Пассивный вандализм – стратегия культурного развития г.о.Тольятти? // Студенческие дни науки в ТГУ. 2015. Ч., 1. С. 340–343.

11. Резидори М., Солодилов М.В. Будущее общественных пространств моногорода на примере проекта Итальянского парка в Тольятти // Градостроительство и архитектура. 2017. №1. С.112–118. DOI:10.17673/Vestnik.2017.01.20.

#### SOLODILOV Mikhail V.

PhD in Architecture, Senior Lecturer of the Design Chair  
Samara State Technical University  
Institute of Architecture and Civil Engineering  
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194  
tel. (846) 339-14-05

#### KOROBOVA Ekaterina S.

Student of the Pictorial Art Chair of the Institute of Fine and Applied Arts  
Togliatti State University  
445020, Russia, Togliatti, Belorusskaya str., 14

Для цитирования: Солодилов М.В., Коробова Е.С. Синтез архитектуры и монументально-декоративного искусства в архитектуре советского модернизма на примере Тольятти // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 117-123. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.20.

For citation: Solodilov M.V., Korobova E.S. A synthesis of architecture and monumental decorative art in the architecture of Soviet modernism with Togliatti taken as an example // Urban Construction and Architecture. 2017. V.7, 3. Pp. 117-123. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.20.



# ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

УДК 721.011

DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.21

И.А. КОТЕНКО  
М.В. МОРДВИНОВА

## РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В АРХИТЕКТУРЕ

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN ARCHITECTURE

*Статья посвящена обзору основных направлений ресурсосбережения в архитектуре. Наряду с традиционными способами рационального использования материальных ресурсов в формообразовании, авторы рассматривают ноу-хау высотного строительства на примере некоторых известных в мире построек. Особое внимание в обзоре уделяется перспективным тенденциям в проектировании энергоэффективных жилых домов, новинкам в инженерных системах зданий, позволяющих экономно расходовать энергию и тепло. В частности, авторы описывают технологию рекуперации, позволяющую вернуть часть тепла на нужды здания. Отдельным направлением ресурсосбережения является проектирование и применение энергоэффективных ограждающих и оконных конструкций, а также теплоизоляционных материалов. В статье приводятся иллюстрации энергоэффективной архитектуры и её конструкций.*

**Ключевые слова:** ресурсосберегающие технологии, формообразование, энергоэффективные жилые дома, пассивный и активный жилой дом, рекуперация, энергоэффективные ограждающие конструкции, вентилируемые окна

Общей тенденцией в проектировании зданий во всём мире стало ресурсосбережение. Какие же ресурсы может сберечь архитектурное решение? Безусловно, это материальные и природные ресурсы общества, ресурсы топлива, энергии света и тепла, водные и земельные ресурсы. Огромную роль в достижении этих целей играет архитектура и строительные технологии. Основными принципами ресурсосберегающих технологий в архитектурном проектировании являются рациональные, экологичные и экономичные градостроительные, объёмно-планировочные и инженерно-технические решения с учётом климатических особенностей места проектирования, грамотное использование физико-технических свойств строительных материалов, тектонической работы несущих и теплофизических свойств ограждающих конструкций, снижение интенсивности энергопотребления или использование возобновляемых источников энергии, интеллектуализация систем зданий.

*The article is devoted to the review of the main directions of resource saving in architecture. Along with traditional methods of rational use of material resources in form-education, the authors consider the know-how of high-rise construction using the example of some well-known buildings in the world. Particular attention in the review is given to the prospective tendencies in the design of energy-efficient residential buildings, novelties in engineering systems of buildings that allow to economically expending energy and heat. In particular, the authors describe the technology of recuperation, which allows to return some of the heat to the needs of the building. A separate direction of resource conservation is the design and application of energy-efficient enclosing and window structures, as well as heat-insulating materials. The article contains illustrations of energy-efficient architecture and its structures.*

**Keywords:** Resource-saving technologies, shaping, energy-efficient residential houses, a passive and active residential building, recuperation, energy-efficient enclosing structures, ventilated windows

Некоторые из подходов к ресурсосберегающему проектированию достаточно просты, но эффективны и не требуют дополнительных капиталовложений [1–5]. Например, по возможности, использование компактной формы плана здания и сокращение излишней кубатуры, когда со снижением площади наружных ограждений уменьшаются теплопотери, а следовательно, снижаются затраты на отопление. В умеренном климате эффективна ориентация здания вдоль гелиотермической оси, под углом к господствующим ветрам, что также снижает теплопотери. Использование выступов в виде балконов с солнечной стороны фасада, устройство «зелёного» фасада, посадка деревьев снижают перегрев помещений и потребление энергии кондиционерами. Неприменение остекления лоджий с северной стороны фасадов позволяет повысить освещённость располагаемых за ними помещений и сэкономить на искусственном освещении. Увеличение размеров окон на теневой стороне и уменьшение их размеров

на солнечной также помогает улучшить микроклимат, организовать направленный воздухообмен и снизить затраты на отопление и вентиляцию. Уменьшение плотности застройки снижает затенение помещений и потребление энергии на искусственное освещение. Устройство проёмов для естественного освещения в помещениях зданий сокращает затраты на искусственное освещение. Снизить теплопотери может использование эффективных теплоизоляционных материалов на фасаде и снижение излишней площади оконных проёмов. Но всё это традиционные приёмы ресурсосбережения при архитектурном проектировании зданий.

В настоящее время появились новые примеры формообразования архитектуры с использованием в зданиях возобновляемых источников энергии. Так, в разных странах мира построены небоскрёбы с обтекаемыми для ветров формами для снижения значительных ветровых нагрузок на их фасады (рис.1, а). В зданиях, состоящих из нескольких объёмов, в пространствах между ними устраивают ветровые турбины для преобразования значительной силы ветра в энергию, необходимую для функционирования здания. Так запроектирован Международный торговый центр в Бахрейне (рис.1, б). При строительстве в климатических зонах, где много солнечных дней, устраиваются солнечные коллекторы для использования энергии солнца. Форма зданий и материал ограждения важны. Ошибка английских проектировщиков, сделавших фасад офисного центра в виде вогнутой линзы, приводит к перегреванию и даже пожарам на окружающей территории, поэтому хозяевам башни возможно придется изменить цвет фасада и применить матовое стекло во избежание такого эффекта.

Особый интерес представляют архитектурные произведения фирмы Н. Фостера, в которых применяются самые современные инновационные технологии. Самый известный пример их использования – Гонконгско-Шанхайский банк в Лондоне (рис.1, в). Ввиду недостаточного освещения нижнего внутреннего пространства на крыше устроена гигантская панель на кронштейне, следящая за положением солнца на небосводе и передающая свет вглубь объёма здания. В Абу-Даби (Объединенные Арабские Эмираты) построены небоскрёбы, в которых используются изменения теплового воздействия на фасад здания. При сильном солнечном воздействии, во избежание его перегрева, автоматически выдвигаются наружные конструкции затенения и фасад зданий меняется (рис.1, г). Таким образом, одно из ресурсосберегающих направлений связано с формообразованием на основе использования особенностей климата строительства, а также с автоматизацией и интеллектуализацией управления различными системами здания.

Системы «умного дома» уже широко предлагаются проектирующими фирмами в малоэтажном и

частично используются в многоэтажном строительстве в России. Под термином «умный дом» обычно понимают интеграцию нескольких систем в единую систему управления зданием. Это системы: управления и связи; отопления, вентиляции и кондиционирования; освещения; электропитания здания; безопасности и мониторинга. Технология «умного дома» позволяет запрограммировать взаимодействие различных систем дома и их поведение в зависимости от времени суток, погоды или настроения хозяина. Из препятствий внедрения в широкую практику строительства можно назвать высокую стоимость оборудования и автоматизации. А, например, для применения солнечных коллекторов на крышах зданий в нашем климате требуется устройство специальных систем для самоочистки их от снега.

В Германии по энергопотреблению давно появилось разделение зданий на старые, с низким потреблением энергии, пассивные и активные. Пассивный дом – наиболее простой вариант энергопотребления, задача которого излучать как можно меньше тепла. Основной его особенностью является получение комфортной температуры как зимой, так и летом без дополнительной отопительной системы или кондиционирования. Потребление энергии в нем не более 15 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год ( для сравнения: в старых домах Германии до 1970-х гг. энергопотребление было 300 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год; с 1970-х до 2002 гг. – 150; с низким потреблением (после 2002г.) – 70 [6]. Активный дом (с нулевым потреблением энергии) может обеспечивать себя энергией и теплом. Обычно в этих целях используются солнечные коллекторы, которые накапливают солнечную энергию и нагревают ею смесь воды и гликоля. Нагретая смесь хранится в подвале-накопителе. Эта смесь поступает в тепловой насос, который доводит её до требуемой температуры. Обычно накопленной летом энергии хватает на всю зиму. В последнее время оснащением активного дома становится солнечная электростанция на крыше, которая не только обеспечивает электроэнергией тепловой насос, но и отдаёт её избыток в электросеть. Таким образом, активный дом является автономной электростанцией, в этом его отличие от пассивного. В России работают программы энергосбережения, и это вынужденный шаг, ведь старые дома, запроектированные до требований СНиП 2003 г., потребляли в среднем 600 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год. В инженерных системах зданий специалисты советуют перейти на технологию рекуперации. Рекуперация представляет собой технологию, которая обеспечивает возврат части энергии или материала, которые расходуются во время прохождения какого-либо технологического процесса, с тем чтобы использовать их повторно в том же самом процессе. Одно из самых важных преимуществ рекуператоров – существенный уровень энергосбережения, что приводит к уменьшению теплотрат. Но в данном случае необходимы небольшие капиталовложения, которые окупаются за не-



Рис.1. Примеры ресурсосберегающих технологий в формообразовании:

а – обтекаемая форма для уменьшения ветровых нагрузок и теплопотерь (Сент-Мэри Х30, Лондон, Великобритания); б – использование установленными между башнями ветровыми турбинами энергии ветра для энергопотребления (Международный торговый центр, Бахрейн, ОАЭ); в – зеркальная панель на кронштейне, передающая свет в нижнее пространство здания (Гонконгско-Шанхайский банк, Лондон, Великобритания); г – применение интеллектуальной системы управления фасадом, изменяющей наружные ограждения башен в разное время суток (башни Аль-Бахар, Абу-Даби, ОАЭ)

которое время. Под рекуперацией тепла понимается процесс теплообмена, во время протекания которого тепло от удаляемого воздуха забирается, а затем передаётся нагнетаемому свежему воздуху. Рекуперацию применяют в совокупности со специальными установками вытяжки и кондиционирования, в которых обязательно должен быть установлен рекуперационный теплообменник. В теплообменнике рекуперация происходит так, что выбрасываемый и поступающий свежий воздух полностью отделяются друг от друга, с тем чтобы избежать смешивания. Принцип рекуперации представлен на рис. 2.

В Москве также появились проекты зданий, использующих накопленную тепловую энергию от жизнедеятельности людей и электрических приборов для нужд здания. По сведениям Ю.А. Табунщикова, в реализованных проектах 11-этажных жилых домов в Северном Измайлово с использованием тех-

нологии рекуперации проектное теплопотребление составляет всего 25 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год [7], в построенном 18-этажном 4-секционном доме в Красностуденческом переулке годовое энергопотребление составляет 58 – 67 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год (меньший показатель – при регулировании воздухообмена в квартирах в зависимости от режима эксплуатации) [8]. Таким образом, использование накопленной тепловой энергии и возобновляемых источников энергии (солнечных коллекторов и фотоэлементов), а также энергии ветроэнергетических установок [9], как производящих, так и накапливающих энергию для собственных нужд зданий; применение новых систем инженерного оборудования – ещё одно направление ресурсосбережения.

Третьим направлением ресурсосбережения является применение энергоэффективных конструкций ограждений и оконных проёмов (рис. 3), а также

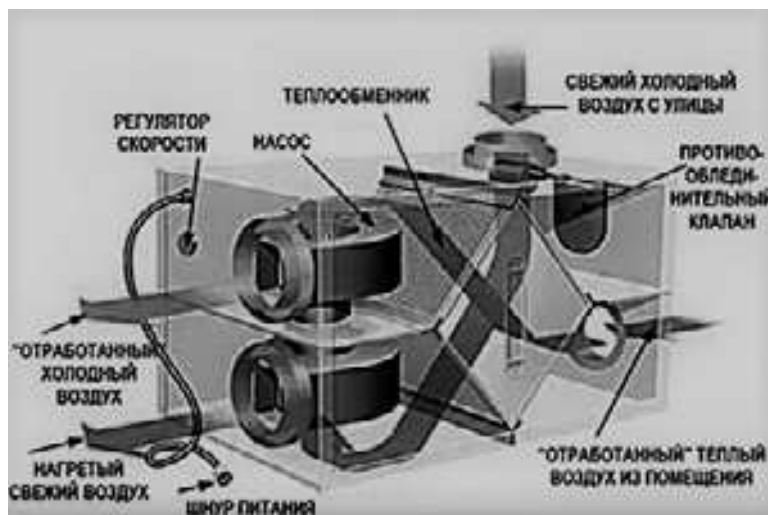


Рис.2. Схема рекуперации воздуха в здании (сайт [nskwood.com/stati/683-preimushhestva-rekuperacii-tepla.html](http://nskwood.com/stati/683-preimushhestva-rekuperacii-tepla.html))

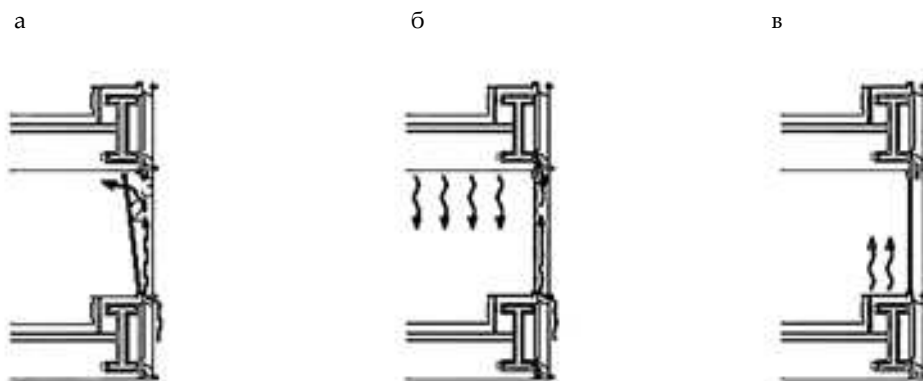


Рис.3. Энергоэффективные конструкция окон в здании «Kommerzbank», студия «Foster and Partners» (сайт [esto.tomsk.gov.ru/articles/home/1080/](http://esto.tomsk.gov.ru/articles/home/1080/)):  
а – летний период, хорошая погода (окна открыты); б – летний период, плохая погода (окна закрыты);  
в – зимний период (наружный слой герметизирован)

новых теплоизоляционных материалов. Например, используются защитные светопрозрачные ограждающие конструкции от внешнего теплового и солнечного воздействия, а также конструкции со специальным незаметным энергозащитным покрытием стекла или с заполнением коробки стеклопакета инертным газом. Применяются особые конструкции окон, работающие на солнечных коллекторах, вентилируемые фасады, эффективные прозрачные ограждающие конструкции фасадов и внутренняя теплоизоляция наружных стен из гранулированного пеностекла, использование «тёплой» штукатурки и др. [10 – 12].

Проблемой российского энергосбережения является герметизация конструкций старого жилого фонда. Её пытаются решать специальными региональными программами капремонта. Например, в Самарской области это утепление фасадов панельных «хрущёвок» с использованием бюджетного вари-

анта энергосбережения: использование технологии «мокрой» штукатурки по полимерной сетке на прикреплённом к фасаду пенопласту. Кроме этого, для уменьшения теплопотерь производится установка пластиковых окон в подъездах и ремонт кровли. Программа построена на частичном финансировании работ жильцами ремонтируемых домов. В архитектурно-строительном институте Самарского государственного технического университета работает научно-проектный центр «Энергосбережение в строительстве», выполняющий теплотехнические обследования зданий, оценку их энергоэффективности с разработкой энергетических паспортов зданий и экспериментальное исследование характеристик строительных материалов.

**Вывод.** Проблема ресурсосбережения остаётся достаточно острой в нашей стране. Вероятно, необходимо продолжать развивать и поддерживать со-

временные тренды проектирования и строительства зданий с использованием новейших технологий.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сологубов Ю.П., Гордеева Т.Е. Анализ планировочных решений жилых зданий по энергоэффективности // Градостроительство и архитектура. 2015. №4 (21). С.104 - 107. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.04.14.

2. Котенко И.А. Планировочные виды жилой застройки: учебное пособие / СГАСУ. Самара, 2011. 44 с.

3. Котенко И.А. Аэрационные требования к градостроительной планировке жилой застройки / СГАСУ. Самара, 2013. 60 с.

4. Котенко И.А. Инсоляционные требования к жилой застройке / СГАСУ. Самара, 2011. 42 с.

5. Ребайн Т.Я. Градостроительные теории начала века: учебное пособие. Куйбышев, 1981. 52 с.

6. Ресурсосберегающие технологии в строительстве / Э.М. Калицкий и др. Минск: РИПО, 2012. 148 с.

7. Табунициков Ю.А. Здания с нулевым энергопотреблением – достигнутые результаты и перспективы // Возобновляемая энергетика XXI век: Энергетическая и экономическая эффективность, 2016: материалы Международного конгресса REENCON – XXI «Возобновляемая энергетика XXI век: Энергетическая и экономическая эффективность» /под ред. Д.О. Дуникова, О.С. Полея. М., 2016. С.169–170.

8. Наумов А.Л. Энергоэффективный жилой дом в Москве // Здания высоких технологий. 2012. (Режим доступа: [zvt.abok.ru/articles/12/Energoeffektivnii\\_zhiloi\\_dom\\_v\\_Moskve](http://zvt.abok.ru/articles/12/Energoeffektivnii_zhiloi_dom_v_Moskve). (дата обращения: 20.03.2017).

9. Бальзанников М.А., Евдокимов С.В., Галицкова Е.М. Развитие возобновляемой энергетики – важный вклад в обеспечение защиты окружающей среды // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №3. С.16–19.

10. Котенко И.А. Аэрационные требования к градостроительной планировке жилой застройки/ СГАСУ. Самара, 2013. 44 с.

11. Котенко И.А. Инсоляционные требования к жилой застройке/ СГАСУ. Самара, 2011. 48 с.

12. Котенко И.А. Рационализм и примитивность строчной застройки: условия возвращения// Градостроительство и архитектура 2014. №3 (16). С. 21 – 25. DOI: 10.17673/Vestnik.2014.03.4.

Об авторах:

#### **КОТЕНКО Ирина Александровна**

кандидат архитектуры, доцент кафедры реконструкции и реставрации архитектурного наследия Самарский государственный технический университет Архитектурно-строительный институт 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: urban64@inbox.ru

#### **KOTENKO Irina A.**

PhD in Architecture, Associate Professor of the Reconstruction and Restoration of the Architectural Heritage Chair Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: urban64@inbox.ru

#### **МОРДВИНОВА Марина Владимировна**

студентка архитектурного факультета Самарский государственный технический университет Архитектурно-строительный институт 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: urban64@inbox.ru

#### **MORDVINOVA Marina V.**

Student of the Faculty of Architecture Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: urban64@inbox.ru

Для цитирования: Котенко И.А., Мордвинова М.В. Ресурсосберегающие технологии в архитектуре // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №(3). С. 124-128. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.21.

For citation: Kotenko I.A., Mordvinova M.V. Resource-saving Technologies in Architecture // Urban Construction and Architecture. 2017. V.7, 3. Pp. 124-128. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.21.

# ЭНЕРГЕТИКА

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

УДК 697.34

DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.22

**С.В. ЧИЧЕРИН**  
**С.В. ГЛУХОВ**

### МЕТОДИКА ПЛАНИРОВАНИЯ НАГРУЗОК СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

CENTRALIZED HEAT SUPPLY SYSTEM AND TECHNIQUES OF PLANNING ITS LOADS

*Выполнен анализ содержания схем теплоснабжения семи населенных пунктов России. Проведена работа с документами компании, где содержится информация по перспективному подключению объектов и по неподключенным потребителям за каждый отопительный сезон: сведения, содержащиеся в них, обобщались и обезличивались для сохранения конфиденциальности информации об абонентах. Изучались данные Департамента городского хозяйства Администрации г. Омска по структуре жилого фонда и его обеспеченности услугами централизованного теплоснабжения. Выявлено процентное соотношение по причинам, приводящим к снятию тепловой нагрузки. Обозначены типовые проблемы эксплуатации системы централизованного теплоснабжения крупного населенного пункта. Выявлено, что имеет место значительное увеличение теплопотребления. Составление рекомендаций на основе результатов наладочного расчета позволит уточнить диаметры магистральных и внутриквартальных сетей. Предложенная методика может помочь внести коррективы в стратегию работы предприятия с абонентами.*

*The paper analyses heat-supply systems of four major Russian cities and heat-supply regulatory documents. The authors investigated company documents providing information on construction objects prospective connection and on unconnected consumers for each heating season. The information contained in the documents was summarized and made anonymous to preserve confidentiality of consumers. The researchers also studies data from the official site of the Municipal Service Department of Omsk Administration. The data showed housing stock structure and its coverage with centralized heating services. The following percentage rating for reasons causing the thermal load removal is detected: thus, 31 of 47 construction objects with a total load of 80.8% (of the total load removed during the period under review) were switched off the system because of "The resettlement program for citizens from the emergency housing stock" in 2016. Typical problems of a large settlement centralized heating system operation are also described in the paper. It is shown that there is a tendency towards a significant increase in the amount of annual heat consumption decline underway. This increase in decline may be 32-multiple in some regions, and it may go slow in the others. Making recommendations based on the results of the design calculation will clarify diameters of trunk and intra networks, which the authors see a task for the future. In general, this methodology should help to adjust industrial strategies for consumer needs.*

**Ключевые слова:** тепловые сети, эксплуатация, тепловой пункт, потребитель, абонент, теплопотребление, подключение, горячее водоснабжение, отопление

**Keywords:** Heat supply networks, exploitation, thermal point, consumer, water consumer, heat consumption, connection, hot water supply, HWS, heating

**Введение.** С момента вступления в силу постановления Правительства РФ от 22 февраля 2012 г. №154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения» (ПП РФ от 22.02.2012 №154) развитие систем теплоснабжения строго регламентировано. Так, для каждого поселения или городского округа должна быть утверждена схема теплоснабжения на 15-летний период, кото-

рая проходит ежегодную актуализацию и может вновь перерабатываться, если в регионе произошли существенные изменения в обеспечении топливом, структуре теплопотребления и теплогенерирующих мощностей.

В то же время развитие любой теплоснабжающей организации зависит от количества продаваемой энергии, более того, в условиях экономиче-

ского кризиса важна каждая гигакалория тепловой нагрузки. Очевидно, что любой населенный пункт представляет собой агломерацию территорий жилого, промышленного, рекреационного и других назначений; причем их развитие или деградация могут приводить к одновременному росту или падению нагрузки в пределах четной и нечетной стороны одной улицы либо даже одной или соседних тепловых камер. Требуется увязать изменение мощности теплосетевых активов (диаметра и длин участков тепловой сети и расхода сетевой воды) с внешними факторами, такими как старение жилого фонда, увеличение или стагнация производства, стоимость альтернативных энергоресурсов и т. д. Существующие же инструменты планирования, а прежде всего схемы теплоснабжения, не позволяют делать это.

**Обзор библиографических источников.** Авторами были изучены работы как отечественных, так и зарубежных авторов по заявленной проблеме. В.А. Стенниковым [1] показано, за счет чего может быть обеспечен прирост тепловых нагрузок в рамках конкретного населенного пункта. Ранее автор [2] обобщил результаты научно-исследовательских работ, что нашло отражение в уточнении связи состояния жилищного фонда и нежелания собственников подключаться к существующим системам централизованного теплоснабжения. С другой стороны, факторы, влияющие на эффективность отказа от услуги централизованного теплоснабжения и перехода на индивидуальные энергоисточники, описаны в [3]; приведенные факторы хорошо согласуются с упоминаемыми в настоящей статье.

В статье [4] даются величины установленной тепловой мощности и подключенной нагрузки, характерные для малых населенных пунктов одной из областей Российской Федерации; полученные сведения использованы при сравнении декларируемых в схемах теплоснабжения тепловых нагрузок с теплотреблением уже присоединенных абонентов. Авторы [5, 6] подтверждают возможность использования более привычной в теплотехнической среде единицы измерения тепловой мощности (Гкал/ч). Материалы [7–9] ценны тем, что содержат примеры применения аналогичных структурированных алгоритмов для совершенствования технологических процессов транспортировки тепловой энергии.

Дик Магнуссон [10] использовал для своего исследования похожие методы изучения содержания шведских аналогов отечественных схем теплоснабжения: региональных и муниципальных стратегий (планов). В работе [11] сделана попытка оценить пути развития городских теплофикационных систем в новых условиях формирования устойчивого рынка энергоэффективных технологий для применения в индивидуальном теплоснабжении и сложившегося негативного отношения к надежности и эффективности существующих систем централизованного теплоснабжения. Однако в отличие от [10] не ана-

лизируются уже утвержденные документы – схемы теплоснабжения.

В работах [12, 13] проблема решается путем создания математической модели, которая учитывает как существующую, так и перспективную нагрузку. Выделяются целевая функция и ограничения. Поиск оптимального решения выполняется стандартными методами минимизации или максимизации функции. Недостатком перечисленных работ является то, что нагрузки рассматриваются в статике: не предусматривается возможность подключения новых потребителей или снятия существующих нагрузок.

В работе [14] описываются нюансы наладочного расчета разветвленных тепловых сетей, что может быть полезно на предпоследнем этапе исследования. Ряд авторов [15, 16] подчеркивают актуальность решения задач, связанных с надежным и бесперебойным обеспечением теплом и горячей водой абонентов. Ученые из Забайкальского государственного университета [17] обращают внимание читателя на важность рассмотрения систем потребления тепловой энергии, расположенных у абонентов, что выражается в требовании пересчета диаметров дроссельных шайб при изменении тепловой нагрузки в настоящей статье.

Предлагаются различные средства планирования процесса проектирования объектов топливно-энергетического комплекса; в будущем в качестве базового на этапе составления рекомендаций может быть выбран инструмент, разрабатываемый в [18]. Во всех упомянутых источниках в полной мере не решается или даже не затрагивается проблема планирования нагрузок, возможные перспективы их роста или снижения; не анализируются виды теплотребления, причины снятия нагрузки и другие аспекты.

**Методология исследования.** Был проведен анализ содержания схем теплоснабжения семи населенных пунктов России [19-25] и нормативного документа, его регламентирующего (ПП РФ от 22.02.2012 №154).

Результатом работы явилось создание методики планирования нагрузок системы централизованного теплоснабжения, схема которой приведена на рис. 1.

По результатам наладочного расчета определяются номера элеваторов, диаметры дросселирующих устройств, установленных в системах теплоснабжения потребителей, центральных тепловых пунктов (ЦТП) [17] и на ответвлениях от магистральных сетей к потребителям. На этапе составления рекомендаций целесообразно пользоваться формализованным методом достижения ключевых результатов [18].

Основным объектом исследования были выбранные тепловые сети и присоединенные к ним потребители одной из территориальных единиц омского предприятия магистральных тепловых сетей, одновременно являющегося ресурсоснабжающей организацией. Предметом исследования стали расчетные тепловые нагрузки, определенные в соответ-



Рис. 1. Структурная схема методики планирования нагрузок системы централизованного теплоснабжения

ствии с установленными нормативами по выражениям наподобие общеизвестных формул с участием величин удельных тепловых характеристик, норм расхода и расчетных температур.

Была проведена работа с документами компании, где содержится информация по перспективному подключению объектов и по неподключенным потребителям за каждый отопительный сезон: сведения, содержащиеся в них, обобщались и обезличивались для сохранения конфиденциальности информации об абонентах. Изучались данные Департамента городского хозяйства Администрации г. Омска по структуре жилого фонда и его обеспеченности услугами централизованного теплоснабжения, находящиеся в открытом доступе на официальном сайте. Ниже приведена информация по шести территориальным участкам, по которым были получены наиболее показательные результаты. Для обобщения численных данных и выявления зависимостей использовался пакет документов Microsoft Excel.

Краткое описание факторов, определивших состояние объекта исследования. Город Омск представляет собой крупный мегаполис сибирского региона. По данным Департамента городского хозяйства Администрации г. Омска, к централизованным сетям теплоснабжения подключено 5906 многоквартирных домов. Выбранная территориальная единица занимается эксплуатацией тепловых сетей и сбытом тепловой энергии потребителям крупнейшего городского источника комбинированной выработки – ТЭЦ-5. Общая расчётная тепловая нагрузка потребителей (при среднечасовой величине нагрузки горячего водоснабжения), подключенных к источнику, по состоянию на 01.01.2015 г. состави-

ла 1300,83 Гкал/ч, в т. ч. 927,4 Гкал/ч – на отопление, 186,67 Гкал/ч – на вентиляцию и 182,26 Гкал/ч – на горячее водоснабжение (ГВС). Следует подчеркнуть, что, хотя нагрузка на отопление намного больше двух других, она, как и нагрузка на вентиляцию, является расчетной для температуры наружного воздуха минус 37 °С. В то же время теплопотребление на нужды ГВС – круглогодичное, в отличие от двух других типов теплопотребления. Несмотря на принятие Федерального закона № 190-ФЗ от 27 июля 2010 г. «О теплоснабжении» (внесены изменения Федеральным законом № 417-ФЗ от 7 декабря 2011 г.), обязывающего до 2022 г. перейти на закрытую схему присоединения ГВС, порядка 50 % потребителей остаются подключенными по открытой схеме, что приводит к ряду негативных последствий. Кроме того, значительная доля вводимого в то время в строй нового жилого фонда представляла собой районы типовой панельной застройки и подключалась посредством устройства центральной тепловых пунктов (ЦТП). На участке выбранной территориальной единицы насчитывается 16 ЦТП.

**Результаты анализа утвержденных схем теплоснабжения.** Все рассмотренные схемы [19-25] имеют одинаковые недостатки:

- недостаточное внимание к снятию тепловой нагрузки;
- объединяется нагрузка отопления и ГВС;
- не учитывается влияние величины теплопотребления на значения оптимальных диаметров магистральных и внутриквартальных сетей.

Причина недостатков – отсутствие жестких требований и недостаточность информационной базы.



Для определения перспективного спроса на тепловую энергию используются следующие материалы:

- технические условия на подключение потребителей к централизованному теплоснабжению;
- действующие, не всегда актуальные, обязательства на подключение потребителей к централизованному теплоснабжению;
- заявки (запросы) на подключение потребителей к централизованному теплоснабжению;
- данные муниципальных департаментов и управлений;
- информация по строящимся и планируемым к строительству муниципальным объ-

ектам из адресных инвестиционных программ населенного пункта;

- утвержденная градостроительная документация: чертежи планировки территории и чертежи межевания территории;
- генеральные планы муниципальных образований.

В малых населенных пунктах с численностью населения от 10 до 100 тысяч человек: городах Барабинск (29,1 тыс. чел.), Звенигород (12,9 тыс. чел.), Александров (59,8 тыс. чел.), типовая сводная таблица с присоединяемыми мощностями по категории административных зданий и многоквартирных жилых домов выглядит следующим образом (табл. 1) [20].

Таблица 1

Перспективные тепловые нагрузки вводимых зданий

Район строительства	Тепловая нагрузка, Гкал/ч				Итого
	отопление жилых зданий	отопление общественных зданий	вентиляция общественных зданий	горячее водоснабжение	
1.Фабрика Калинина	0,855	0,214	0,13	0,873	2,07
2.Ул. Свердлова (р-н ДК Юбилейный)	0,35	0,087	0,052	0,353	0,84
3.Ул. Стадионная	0,541	0,135	0,081	0,547	1,3
4.МКР «Снопово»	0,233	0,058	0,035	0,24	0,57
5.МКР «ЖБИ»	1,781	0,445	0,267	1,8	4,3
6.МКР «Болото»	1,013	0,253	0,152	1,024	2,44
7.МКР-4/1 (Южный)	0,454	0,113	0,068	0,46	1,1
8.МКР-4/2	1,36	0,34	0,204	1,38	3,28
9.МКР-5	1,94	0,485	0,29	1,96	4,68

Причинами мизерных, относительно рассматриваемого периода в 25 лет, присоединяемых мощностей являются:

– близость крупных городских агломераций к малым населенным пунктам, что оказывает значительное влияние на образ жизни населения. Население в значительной степени вовлечено в трудовые маятниковые миграции. Огромный поток сезонных миграций дополняется развитием субурбанизации и переселением жителей из крупных городов в коттеджи, которые используются как второе постоянное жилье;

– недостаточная загруженность водогрейных котельных из-за снятия тепловой нагрузки, что приводит к наличию сверхнормативной резервной тепловой мощности котельных а, как следствие, увеличивает расходы на ее содержание и дает рост себестоимости единицы тепловой энергии;

– структура жилищного фонда города: более 50 % домов – панельного типа с низким качеством ограждающих конструкций;

– эксплуатация котельных на пониженном температурном графике тепловой сети 65-55 °С по сравнению с проектным 95-70 °С при одинаковой тепло-

вой нагрузке, что приводит к перерасходу электроэнергии сетевыми насосами на перекачку воды и, как следствие, увеличению тарифной составляющей;

– техническое состояние жилищного фонда (износ до 30 %), ветхий и аварийный фонд более 2,5 % от общей площади такого фонда населенных пунктов;

– в связи с реструктуризацией существовавших до распада Советского Союза промышленных предприятий технологические нагрузки в виде пара практически отсутствуют;

– достаточно низкий уровень инженерного благоустройства жилищного фонда города: низкие показатели по обеспеченности горячим водоснабжением, водопроводом и канализацией.

Во всех рассмотренных населенных пунктах тепловая нагрузка вводимых в рассматриваемой перспективе зданий составляет от 20 до 40 Гкал/ч даже при максимальной нагрузке ГВС. Как показало дальнейшее исследование, причины снятия тепловой нагрузки в городах с численностью населения более 100 тыс. человек коренным образом отличаются.

Совершенно иная ситуация в крупных сельских поселениях (до 10 тыс. чел.), где большинство потре-

бителей тепловой мощности не подключены к системе централизованного теплоснабжения и оборудованы собственными источниками теплоснабжения. В качестве типичного примера может послужить Троицкое сельское поселение Омского муниципального района Омской области (3,8 тыс. чел.), где перспективные балансы тепловой нагрузки для системы централизованного теплоснабжения на расчетный срок определяются не укрупненно, а по конкретным объектам, например: дошкольное образовательное учреждение на 170 мест и 50 мест, стационар на 55 коек с выдвигным пунктом скорой медицинской помощи на один автомобиль и др. Таким образом, суммарная присоединяемая тепловая нагрузка по потребителям категории административных зданий и многоквартирных жилых домов не превышает 1,5 Гкал/ч. В то же время в районах низкоплотной индивидуальной застройки происходит естественная расширенная регенерация жилищного фонда, т.е. строительство в пределах существующих приусадебных участков взамен сносимых ветхих и малоценных

домов или в дополнение к ним новых домов, большей площади и этажности, из-за чего мощность отапливаемых объектов индивидуального жилищного строительства с собственными теплогенераторами на такую же перспективу превышает 16 Гкал/ч, что заметно непропорционально соответствующей величине для населенных пунктов первого типа (с численностью населения от 10 до 100 тыс. чел.).

В качестве примера населенного пункта *из группы городов с населением более 1 млн. жителей*: Екатеринбург (1 456 тыс. чел.), Новосибирск (1 603 тыс. чел.), Омск (1 178 тыс. чел.), выбран последний, что позволило более подробно исследовать документы ресурсоснабжающей организации и муниципальных органов власти.

Изучение перспективного потребления тепловой энергии на цели теплоснабжения потребителей города Омска [23] показало, что прогноз снятия тепловой нагрузки вообще отсутствует, приведены лишь фактические данные за 2013 г. (табл. 2).

Таблица 2

Показатели снятия тепловой нагрузки в зоне действия ТЭЦ-5 города Омска (2013 г.)

Территориальный участок	Снятие тепловой нагрузки, Гкал/ч
1.3* ул. Б. Хмельницкого – граница полосы отвода железной дороги – левый берег Оми – Окружная дорога – ул. 2-я Производственная – ул. 25-я Линия ул. А. Нейбута – ул. 24-я Линия – ул. Омская – ул. Красных зорь – ул. Бердникова – ул. Ипподромная	0,0149
1.8 ул. Бердникова – ул. Красных зорь – ул. 25-я Линия – ул. Омская – ул. 24-я Линия – ул. А. Нейбута – ул. 25-я Линия – ул. 2-я Производственная – Окружная дорога – граница Старо-Восточного кладбища – Промышленная территория	0,1594
1.9 Окружная дорога – левый берег Оми – граница городской черты – Сыропятский тракт – ул. 10 лет Октября	0,126
4.1 ул. Фрунзе – ул. Красный путь – ул. 7-я Северная – ул. Красный Пахарь – ул. 5-я Северная – ул. 11-я Ремесленная – ул. Барнаульская – ул. 2-я Восточная – правый берег Оми – Правый берег Иртыша	0,4067
4.2 ул. Иртышская Набережная – левый берег Оми – граница отвода железной дороги – ул. Б. Хмельницкого – ул. Масленникова – площадь Ленинградская	0,0156
5.3 ул. Орджоникидзе – ул. 24-я Северная – ул. Челюскинцев – ул. 8-я Восточная – ул. 35 лет Советской Армии – ул. 2-я Восточная – ул. Барнаульская – ул. 11-я Ремесленная – ул. 5-я Северная – ул. Красный пахарь – ул. 7-я Северная	0,2223

\*здесь и далее обозначения территориальных участков приняты согласно [23]

После изучения научных публикаций становится очевидно, что в качестве основного средства обеспечения увеличения потребления тепловой энергии принимается прирост тепловых нагрузок за счет нового строительства.

Нанесение величин ожидаемого прироста на диаграмму (рис. 2) не позволило увидеть зависимость и сделать попытку прогноза.

**Перспективное отключение.** В работе [23] упоминается, что причинами отказа от частичной или всей тепловой нагрузки потребителей, подключенных к системам централизованного теплоснабжения, могут быть:

- снос ветхих построек;

- капитальный ремонт зданий с изменением структуры фасадов, крыш, замена окон (улучшение теплотехнических характеристик ограждающих конструкций зданий);
- отказ от вентиляционной нагрузки из-за демонтажа систем вентиляции;
- в газифицируемых районах переход потребителей на индивидуальное отопление и горячее водоснабжение с установкой непосредственно в домах индивидуального теплоприготовительного оборудования (газовых котлов).

Обобщенные результаты работы с документами компании, касающимися снятия тепловой нагрузки в течение 2016 г., приведены в табл. 3.

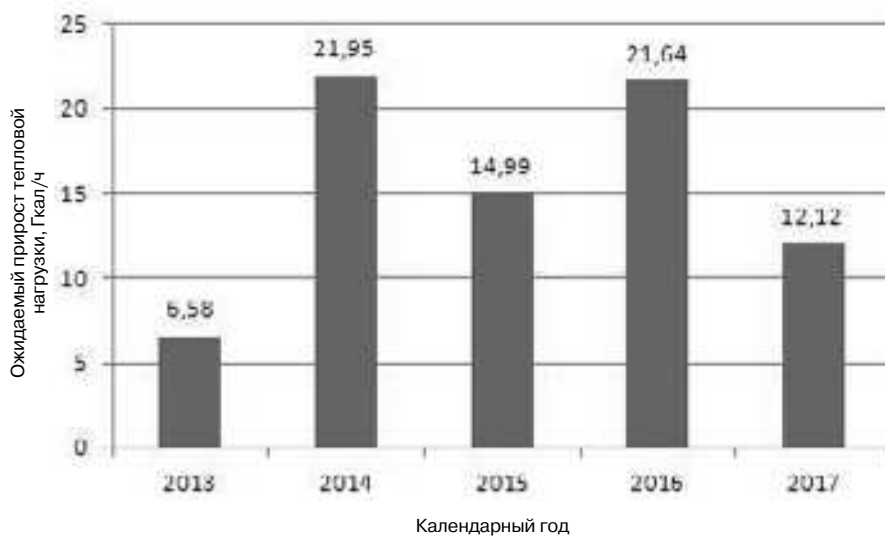


Рис. 2. Динамика изменения ожидаемого прироста тепловой нагрузки в зависимости от календарного года

Таблица 3

Фактические величины снятия тепловой нагрузки с разбиением по территориальным участкам (2016 г.)

Территориальный участок	Снятие тепловой нагрузки, Гкал/ч
1.3* ул. Б. Хмельницкого – граница полосы отвода железной дороги – левый берег Оми – Окружная дорога – ул. 2-я Производственная – ул. 25-я Линия – ул. А. Нейбута – ул. 24-я Линия – ул. Омская – ул. Красных зорь – ул. Бердникова – ул. Ипподромная	0,4822
1.8 ул. Бердникова – ул. Красных зорь – ул. 25-я Линия – ул. Омская – ул. 24-я Линия – ул. А. Нейбута – ул. 25-я Линия – ул. 2-я Производственная – Окружная дорога – граница Старо-Восточного кладбища – Промышленная территория	0,9388
1.9 Окружная дорога – левый берег Оми – граница городской черты – Сыропятский тракт – ул. 10 лет Октября	0,1569
4.1 ул. Фрунзе – ул. Красный путь – ул. 7-я Северная – ул. Красный Пахарь – ул. 5-я Северная – ул. 11-я Ремесленная – ул. Барнаульская – ул. 2-я Восточная – правый берег Оми – Правый берег Иртыша	0,1364
4.2 ул. Иртышская Набережная – левый берег Оми – граница отвода железной дороги – ул. Б. Хмельницкого – ул. Масленникова – площадь Ленинградская	0,0806
5.3 ул. Орджоникидзе – ул. 24-я Северная – ул. Челюскинцев – ул. 8-я Восточная – ул. 35 лет Советской Армии – ул. 2-я Восточная – ул. Барнаульская – ул. 11-я Ремесленная – ул. 5-я Северная – ул. Красный пахарь – ул. 7-я Северная	0,1468

\*здесь и далее обозначения территориальных участков приняты согласно [23]

Обращает на себя внимание случай отключения от централизованного теплоснабжения из-за вынужденного возврата к печному отоплению. Длина обособленного теплового ввода составляла более 50 м, а затраты на устранение случившегося повреждения были для собственника (физическое лицо) слишком велики.

Основной же причиной является снос ветхих построек. По оценке Фонда содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства Омск занимает первое место в Сибирском федеральном округе по реализации Программы переселения граждан из аварийного жилищного фонда [26]. Только в IV квар-

тале 2016 г. расселены 232 жилых помещения общей площадью 6 710,4 м<sup>2</sup>, в которых проживало 540 человек. Производится расселение аварийного строения и демонтаж систем отопления и ГВС с последующим созданием видимого разрыва на тепловом вводе. Из-за этого было отключено 31 из 47 объектов с суммарной нагрузкой 80,8 % от общей снятой за рассматриваемый период.

Второй по значимости причиной является переход на газовое обслуживание. Так, в границе улиц 4.1 (см. табл. 2: ул. Фрунзе – ул. Красный путь – ул. 7-я Северная – ул. Красный Пахарь – ул. 5-я Северная –

ул. 11-я Ремесленная – ул. Барнаульская – ул. 2-я Восточная – правый берег Оми – Правый берег Иртыша) за два года на газовое обслуживание перешло более десяти частных домов. Также ряд объектов с общей нагрузкой 0,1871 Гкал/ч были отключены из-за банкротства собственников и прекращения производства.

**Выводы.** Во всех рассмотренных источниках в полной мере не решается или даже не затрагивается проблема планирования нагрузок, возможные перспективы их роста или снижения; не анализируются виды теплопотребления, причины снятия нагрузки и другие аспекты. Еще раз обозначены типовые проблемы эксплуатации системы централизованного теплоснабжения крупного населенного пункта. Нанесение величин ожидаемого прироста на диаграмму (см. рис. 2) не позволило увидеть зависимость и сделать попытку прогноза. Выявлено процентное соотношение по причинам, приводящим к снятию тепловой нагрузки. Путем сопоставления историй отключения нагрузки последние четыре отопительных сезона (приведены данные 2013 и 2016 гг.) было выявлено, что имеет место значительное увеличение теплопотребления. Однако если в отдельных территориальных единицах такое увеличение может быть 32-кратным, то в других имеет место спад темпа снятия нагрузки, что, как правило, связано с различной структурой застройки. К сожалению, остается неясным, является ли эта тенденция к увеличению теплопотребления долгосрочной или прекратится с окончанием Программы переселения граждан из аварийного жилищного фонда.

Получение статистических данных по трем типовым группам населенных пунктов в зависимости от численности населения (до 10, от 10 до 100 тыс. чел. и более 1 млн. чел.) позволяет выявить следующие тенденции:

- в поселениях до 10 тыс. жителей наблюдается рост тепловой мощности отапливаемых объектов индивидуального жилищного строительства, однако происходит это за счет потребителей, не подключенных к системам централизованного теплоснабжения и оборудованных собственными источниками;

- имеет место сокращение нагрузок тепловой энергии для теплосетей городов с численностью населения от 10 до 100 тыс. чел., что связано с сохранением упомянутых выше негативных тенденций развития.

Приведенная статистическая оценка по вводу и выводу из эксплуатации потребителей систем теплоснабжения для городов различной величины создает возможность в будущем оценить эффективность работы существующих тепловых сетей и определить потребность в их модернизации. Составление рекомендаций на основе результатов наладочно-расчета, в частности, позволит уточнить диаметры дросселирующих устройств, установленных на ответвлениях от магистральных сетей к потребителям,

что возможно сделать уже сейчас. В целом же методика должна помочь внести коррективы в стратегию работы предприятия с абонентами. Исследование, кроме того, является необходимой базой, достаточной для сравнения тенденций развития систем централизованного теплоснабжения в разных городах.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стенников В.А., Якимец Е.Е., Жарков С.В. Оптимальное планирование теплоснабжения городов // Промышленная энергетика. 2013. № 4. С. 9-15.
2. Чичерин С.В. О вопросах реконструкции систем теплоснабжения в городах России и стран СНГ // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2017. № 9 (997). С. 34-35.
3. Яковлев И.В., Исхакова А.М., Парехина И.В. Энергоэффективность перехода на автономное теплоснабжение от воздушных теплонасосных установок в климатических условиях России // Вестник Московского энергетического института. 2016. № 5. С. 105-112.
4. Минин В.А. Характеристика теплоснабжения небольших населенных пунктов Мурманской области // Труды Кольского научного центра РАН. 2014. № 7 (26). С. 98-107.
5. Методика выбора оптимальной мощности теплоисточников при реконструкции централизованных систем теплоснабжения / Е.А. Бузоверов, О.Н. Махов, М.В. Исаев, И.Д. Чернов // Вестник ИГЭУ. 2017. № 3. С. 20-29. DOI: 10.17588/2072-2672.2017.3.020-029.
6. В.П. Берзан, В.М. Постолатий, Е.В. Быкова, В.М. Бабич. Сопоставительный анализ эффективности производства тепловой и электрической энергии в системах централизованного теплоснабжения // Проблемы региональной энергетики. 2016. № 3 (32). С. 55-71.
7. Чичерин С.В. Наружная коррозия как основная причина повреждаемости тепловых сетей и способы защиты от нее // Вестник Московского энергетического института. 2017. № 4. С. 50-54.
8. Дилигенский Н.В., Салов А.Г. Системный анализ и совершенствование организационных механизмов управления деятельностью генерирующего предприятия // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2009. № 2 (24). С. 17-24.
9. Чичерин С.В. Выглубление каналов тепловых сетей – ключ к их эффективной эксплуатации // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 9. 49–56.
10. Magnusson D. Between municipal and regional planning: the development of regional district heating systems in Stockholm from 1978 to 2010 // Local Environment. 2011. Т. 16. № 4. С. 319-337.
11. Стенников В. А., Медникова Е.Е. Оценка направлений развития теплоснабжающих систем городов // Теплоэнергетика. 2016. № 9. С. 59-67.

12. *Aringhieri R., Malucelli F.* Optimal operations management and network planning of a district heating system with a combined heat and power plant // *Annals of Operations Research*. 2003. Т. 120. №. 1-4. С. 173-199.
13. *Henggeler Antunes C., Gomes Á.* (ed.). Optimal size and layout planning for district heating and cooling networks with distributed generation options // *International Journal of Energy Sector Management*. 2008. Т. 2. №. 3. С. 385-419.
14. *Токарев В.В., Шалагинова З.И.* Методика многоуровневого наладочного расчета теплогидравлического режима крупных систем теплоснабжения с промежуточными ступенями управления // *Теплоэнергетика*. 2016. № 1. С. 71-80.
15. *Панферов В.И., Тренин Н.А., Панферов С.В.* Управление низкотемпературным теплоснабжением инженерных объектов // *Военный научно-практический вестник*. 2016. № 2 (5). С. 25-30.
16. *Чичерин С.В.* Решение проблем предизолированных трубопроводов в пенополиуретановой изоляции на объектах стационарной теплоэнергетики // *Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока*. 2017. № 1-2. С. 116-118.
17. *Кобылкин М.В., Батухтин С.Г., Сафронов П.Г.* Особенности эксплуатации ЦТП при развитии низкотемпературных систем теплоснабжения // *NAUKA-RASTUDENT.RU: электронный научно-практический журнал*. 2016. № 03 (027).
18. *Гвоздева Т.В., Целищев Е.С.* Разработка средств планирования процесса проектирования объектов топливно-энергетического комплекса на основе формализованного метода достижения ключевых результатов // *Вестник ИГЭУ*. 2016. №. 6. С. 75-86.
19. Схема теплоснабжения городского округа Звенигород Московской области на период до 2030 г. М.: Государственное бюджетное учреждение Московской области «Центр тарифно-экспертного обеспечения» (ГБУ МО «ЦТЭО»), 2015 г. 110 с.
20. Схема теплоснабжения города Александров Владимирской области на период до 2027г. Александров: АКС, 2012. 121 с.
21. Схема теплоснабжения Троицкого сельского поселения Омского муниципального района Омской области на период до 2027 года. Омск: Земпроект, 2012. 53 с.
22. Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения муниципального образования «Город Екатеринбург» до 2030 года (актуализация на 2016 год). Кн. 1. Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения. Екатеринбург: Т-Плюс, 2015. 433 с.
23. Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения города Омска до 2030 года (актуализация на 2016 год). Кн. 1. Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения. Омск: ЗАО «Е-4-СибКОТЭС», 2015. 345 с.
24. Схема теплоснабжения города Новосибирска до 2030 г. Новосибирск: ЗАО «Е-4-СибКОТЭС», 2013. 227 с.
25. Схема теплоснабжения города Барабинска Барабинского района Новосибирской области на 2012–2015 гг. и на период до 2025 г. Новосибирск: ООО «Корпус», 2012. 199 с.
26. Омск занимает первое место в Сибири по расселению граждан из ветхого и аварийного жилья. URL: [http://www.admomsk.ru/web/guest/government/divisions/39/news/-/asset\\_publisher/bZT2/content/634637](http://www.admomsk.ru/web/guest/government/divisions/39/news/-/asset_publisher/bZT2/content/634637) (дата обращения: 08.02.2017).

Об авторах:

**ЧИЧЕРИН Станислав Викторович**  
аспирант кафедры теплоэнергетики  
Омский государственный университет путей сообщения  
644046, Россия, г. Омск, пр. Маркса, 35,  
тел. (913) 144 76 78  
E-mail: man\_csv@hotmail.com

**ГЛУХОВ Сергей Витальевич**  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
теплоэнергетики  
Омский государственный университет путей сообщения  
644046, Россия, г. Омск, пр. Маркса, 35

**CHICHERIN Stanislav V.**  
Post-Graduate Student of the Heat Power Engineering Chair  
Omsk State Transport University  
644046, Russia, Omsk, Marksa av., 35,  
tel. (913) 144 76 78  
E-mail: man\_csv@hotmail.com

**GLUKHOV Sergey V.**  
PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Heat  
Power Engineering Chair  
Omsk State Transport University  
644046, Russia, Omsk, Marksa av., 35

Для цитирования: *Чичерин С.В., Глухов С.В.* Методика планирования нагрузок системы централизованного теплоснабжения // *Градостроительство и архитектура*. 2017. Т.7, №3. С. 129-136. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.22.  
For citation: *Chicherin S.V., Glukhov S.V.* Centralized heat supply system and techniques of planning its loads // *Urban Construction and Architecture*. 2017. V.7, 3. Pp. 129-136. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.22.

# 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](mailto:vestniksgasu@yandex.ru), [uc-arch@yandex.ru](mailto: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](mailto:vestniksgasu@yandex.ru), [uc-arch@yandex.ru](mailto:uc-arch@yandex.ru).