

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ISSN 2542-0151

№ 1 Т. 10
2020

URBAN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



САМАРА

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 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. 10, № 1

САМАРА
2020

УДК 71+72

Градостроительство и архитектура=Urban construction and architecture. 2020. Т. 10, № 1. 178 с.

Учредитель:

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

Главный редактор – д.т.н., профессор А.К. СРЕЛКОВ

Заместитель главного редактора по направлению «Строительство» – д.т.н., профессор В.И. КИЧИГИН

Заместитель главного редактора по направлению «Архитектура» – к.арх., профессор В.А. САМОГОРОВ

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

Редакционная коллегия:

И.И. АРТЮХОВ, д.т.н., профессор (Саратов)
Е.А. АХМЕДОВА, д. арх., профессор
Ю.П. БОЧАРОВ, д. арх., профессор (Москва)
А.Л. ВАСИЛЬЕВ, д.т.н., доцент (Н. Новгород)
В.В. ВАХНИНА, д.т.н., профессор (Тольятти)
С.Я. ГАЛИЦКОВ, д.т.н., профессор
А.Л. ГЕЛЬФОНД, д. арх., профессор (Н. Новгород)
В.П. ГЕНЕРАЛОВ, к. арх., профессор
А.И. ДАНИЛУШКИН, д.т.н., профессор
В.В. ЕЛИСТРАТОВ, д.т.н., профессор (С.-Петербург)
В.Н. ЗЕНЦОВ, д.т.н., профессор (Уфа)
Т.В. КАРАКОВА, д. арх., профессор
А.А. КУДИНОВ, д.т.н., профессор
И.В. ЛИПАТОВ, д.т.н., доцент (Н. Новгород)
Г.В. МУРАШКИН, д.т.н., профессор (Тольятти)
В.Д. НАЗАРОВ, д.т.н., профессор (Уфа)

Н.Д. ПОТИЕНКО, к. арх., доцент
В.А. СЕЛЕЗНЕВ, д.т.н., профессор (Тольятти)
С.В. СТЕПАНОВ, д.т.н., доцент
А.И. ХЛЫСТОВ, д.т.н., профессор
К.Л. ЧЕРТЕС, д.т.н., профессор
Н.Г. ЧУМАЧЕНКО, д.т.н., профессор
В.А. ШАБАНОВ, к.т.н., профессор
Д.А. ШЛЯХИН, д.т.н., доцент
А. БОРОДИНЕЦ, D.Sc., профессор (Рига, Латвия)
З. ВОЙЧИЦКИ, D.Sc., профессор (Вроцлав, Польша)
Г. РАДОВИЧ, D.Sc. arch., профессор (Подгорица, Черногория)
М. КНЕЗЕВИЧ, D.Sc., профессор (Подгорица, Черногория)
Я. МАТУШКА, Ph.D, доцент (Пардубице, Чешская Республика)
А. МОЧКО, Ph.D, доцент (Вроцлав, Польша)
С. ОГНЕНОВИЧ, Ph.D, профессор (Скопье, Македония)
М. ПРЕМРОВ, D.Sc., профессор (Марибор, Словения)
Д. САФАРИК, главный редактор STVUN Journal (Чикаго, США)

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

Deputy Editor (Construction) – D. Eng., Prof. V.I. KICHIGIN

Deputy Editor (Architecture) – PhD in Architecture, Prof. V.A. SAMOGOROV

Executive Secretary – PhD in Philology M.S. DOSKOVSKAYA

Editorial Board

И.И. АРТЮКHOV, D. Eng., Prof. (Saratov)
Е.А. AKHMEDOVA, D. Arch., Prof.
Y.P. BOCHAROV, D. Arch., Prof. (Moscow)
A.L. VASILYEV D. Eng., Ass. Prof. (N. Novgorod)
V.V. VAKHINA, D. Eng., Prof. (Tolyatti)
S.Ya. GALITSKOV, D. Eng., Prof.
A.L. GELFOND, D. Arch., Prof. (N. Novgorod)
V.P. GENERALOV, PhD in Architecture, Prof.
A.I. DANILUSHKIN, D. Eng., Prof.
V.N. ELISTRATOV, D. Eng., Prof. (Sa. Petersburg)
V.N. ZENTSOV, D. Eng., Prof. (Ufa)
T.V. KARAKOVA, D. Arch., Prof.
A.A. KUDINOV, D. Eng., Prof.
I.V. LIPATOV, D. Eng., Ass. Prof. (N. Novgorod)
G.V. MURASHKIN, D. Eng., Prof. (Tolyatti)
V.D. NAZAROV, D. Eng., Prof. (Ufa)

N.D. POTIENKO, PhD in Architecture, Ass.Prof.
V.A. SELEZNEV, D. Eng., Prof. (Tolyatti)
S.V. STEPANOV, D. Eng., Ass. Prof.
A.I. KHLYSTOV, D. Eng., Prof.
K.L. CHERTES, D. Eng., Prof.
N.G. CHUMACHENKO, D. Eng., Prof.
V.A. SHABANOV, PhD in Engineering, Prof.
D.A. SHLYKHIN, D. Eng., Ass. Prof.
A. BORODINECS, D.Sc., Prof. (Riga, Latvia)
Z. WOJCICKI, D.Sc., Prof. (Wroclaw, Poland)
G. RADOVIC, D.Sc. arch., Prof. (Podgorica, Montenegro)
M. KNEZEVIC, D.Sc., Prof. (Podgorica, Montenegro)
J. MATUŠKA, Ph.D., Ass. Prof. (Pardubice, Czech Republic)
A. MOCZKO, Ph.D., Ass. Prof. (Wroclaw, Poland)
S. OGNJENOVIC, Ph.D., Prof. (Skopje, Macedonia)
M. PREMROV, D.Sc., prof., (Maribor, Slovenia)
D. SAFARIK (Chicago, the USA)

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 Объединенном каталоге «Пресса России»: 70570

Научное издание

Редактор Г.Ф. Конопина

Корректор, дизайн обложки М.В. Веселова

Подписано в печать 18.03.2020. Выпуск в свет 27.04.2020.

Формат 60х90 1/8. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Печ. л. 22,25. Тираж 300 экз. Заказ № 1876

Адрес редакции: Россия, г. Самара, 443001, ул. Молодогвардейская, 194, каб. 307

Телефон: (846) 242-36-98

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

Отпечатано в типографии ООО «Слово»:

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

Содержание

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

- 4 Ильин Н.А., Мордовский С.С., Мальгина В.А., Киреева Н.А. К расчету прочности внецентренно сжатого железобетонного элемента прямоугольного сечения
- 9 Исаев В.И., Мальцев А.В., Карпов А.А. Исследование метода «плавающего» фундамента по определению осадки на модели фундаментной плиты
- 16 Кондратьева Н.В., Алфименкова А.Ю. Исследование способов повышения коррозионной стойкости железобетонных конструкций
- 24 Пищулёв А.А., Панфилов Д.А., Жильцов Ю.В., Бузовская Я.И. Исследование работы железобетонных изгибаемых элементов с применением постнапрягаемых канатов

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

- 30 Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е., Костуганов А.Б. Исследование влияния инфильтрации наружного воздуха на теплозащитные характеристики наружных стен высотных зданий
- 36 Костуганов А.Б. Исследование эффективности утилизации теплоты в рекуперативных теплообменниках установок автономной вентиляции

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

- 47 Вялкова Е.И., Сидоренко О.В., Глуценко Е.С. Влияние пробиотических средств на качество очистки сточных вод предприятий молочной промышленности
- 56 Стрелков А.К., Зотов Ю.Н., Михайлова И.Ю. О внесении изменений в свод правил 30.13330.2016 «Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*»

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- 63 Федоров П.А. Сравнительный анализ методов определения эффективного коэффициента диффузии CO_2 в мелкозернистом бетоне разной плотности

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

- 71 Евдокимов С.В., Селиверстов В.А., Орлова А.А. Результаты многофакторного анализа состояния гидротехнических сооружений

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

- 77 Доладов Ю.И., Захаров М.Е., Козинец С.Ю., Хмылёва О.Ю. Поиск решений для проекта производства работ и их реализация при устройстве ограждения Иверского женского монастыря

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

- 83 Артемьева Т.Г., Адонина А.В. Об основных факторах влияния на вектор развития реализованной градостроительной утопии
- 92 Денисов Д.В., Журавлев М.Ю., Медведева Н.Ю., Малков И.И. Функциональные аспекты секторального зонирования внутригородского муниципального образования г. Минска
- 101 Колеватых Д.А. Ветви. Градообразование и человек
- 111 Субботин О.С. Среда жизнедеятельности в контексте исторической застройки поселений Кубани
- 121 Хомяков А.И. Памятные пространства: ракурсы времени

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- 128 Вологодина Н.Н., Александрова О.Ю. Структура храмовых комплексов в условиях сложного рельефа и принципы проектирования
- 140 Георгиевская А.О. Проблемы идентичности региональных продуктовых рынков
- 148 Медведева Н.Ю., Паршин А.Н. Этапы формирования агриумных пространств в аспекте устойчивого развития городской среды

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

- 157 Астафьева Н.С., Лагута И.В., Кукарина Е.Е., Молева Н.Ю. Проблемы роста и развития мировых и российских агломераций

ЭНЕРГЕТИКА

ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

- 164 Баландина О.А., Пуринг С.М., Пашенко Д.И. Анализ влияния температуры воздуха на изменения энергии Гиббса при образовании оксидов азота в дымовых газах котельных установок
- 172 Крестин Е.А., Серебряков Г.В. Влияние облитерации целевых уплотнений плунжерных пар на работу приводов электроэнергетических систем

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ



УДК 624.012.41

DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.1

Н. А. ИЛЬИН
С. С. МОРДОВСКИЙ
В. А. МАЛЬГИНА
Н. А. КИРЕЕВА

К РАСЧЕТУ ПРОЧНОСТИ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ЭЛЕМЕНТА ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

CALCULATING THE STRENGTH OF AN EXCENTRALLY COMPRESSED REINFORCED CONCRETE ELEMENT OF RECTANGULAR SECTION

Одной из основных задач при расчётах железобетонных элементов является определение прочности. Данная задача является актуальной для конструкций, находящихся в различном напряженно-деформированном состоянии: изгибаемых, внецентренно-сжатых, внецентренно-растянутых, внецентренно-сжатых с кручением и т. д. В статье рассмотрено решение прочностной задачи при проектировании внецентренно сжатого железобетонного элемента прямоугольного сечения с симметричной арматурой. Усовершенствование касается учета влияния конструктивных параметров качества арматуры и бетона на величину расчетных нагрузок и предельное усилие прочности внецентренно сжатого железобетонного элемента с учетом его прогиба. За счёт упрощения математического описания влияния конструктивных показателей и параметров качества арматуры и бетона на расчётное значение изгибающего момента и на прочность внецентренно сжатого железобетонного элемента, а также упрощения расчета коэффициента увеличения начального эксцентриситета продольной силы с учетом прогиба сжатого железобетонного элемента получено данное усовершенствование. Использование предложенных формул при расчёте прочности внецентренно сжатого железобетонного элемента прямоугольного сечения позволяет обеспечить сходимость получаемого результата с классическим вариантом расчета с уменьшением трудозатрат из-за простоты формул.

One of the main tasks in the calculation of reinforced concrete elements is the determination of strength. This problem is relevant for structures in various stress-strain states - bending, eccentrically-compressed, eccentrically-stretched, eccentrically-compressed with torsion, etc. This article discusses the solution of the strength problem in the design of an eccentrically compressed reinforced concrete element of rectangular cross section with symmetrical reinforcement. The improvement relates to taking into account the influence of structural parameters of the quality of reinforcement and concrete on the value of the design loads and the ultimate tensile strength of an eccentrically compressed reinforced concrete element, taking into account its deflection. By simplifying the mathematical description of the influence of structural indicators and quality parameters of reinforcement and concrete on the calculated value of the bending moment and on the strength of an eccentrically compressed reinforced concrete element, as well as simplifying the calculation of the coefficient of increase in the initial eccentricity of the longitudinal force taking into account the deflection of the compressed reinforced concrete element, this improvement is obtained. Using the proposed formulas in calculating the strength of an eccentrically compressed reinforced concrete element of rectangular cross section allows us to ensure the convergence of the result with the classical version of the calculation with a reduction in labor costs due to the simplicity of the formulas.

Ключевые слова: железобетонные элементы, прямоугольное сечение, внецентренное сжатие, эксцентриситет продольной силы, влияние прогиба сжатого элемента, расчетный изгибающий момент, прочность элемента, снижение затрат на проектирование конструкций

Keywords: reinforced concrete elements, rectangular section, eccentric compression, eccentricity of the longitudinal force, the influence of the deflection of the compressed element, design bending moment, element strength, reduction of design costs

В условиях внецентренного сжатия находятся колонны производственных зданий, верхние пояса безраскосных ферм и т. п. В них действуют сжимающие силы (N) и изгибающие моменты (M). При расчете сжатых железобетонных элементов на действие сжимающей продольной силы учитывают эксцентриситет приложения силы.

При оценке несущей способности внецентренно сжатых железобетонных элементов по классическому методу могут быть использованы графики (Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряженной арматуры (к СП 52-101-2003). М., 2005).

В классическом методе расчета допускается производить расчет конструкции по недеформированной схеме, а учет влияния прогиба сжатого элемента производить путем умножения моментов на коэффициенты η_v и η_h . При этом для расчета коэффициента необходимо определить жесткость железобетонного элемента в предельной стадии работы, величину условной критической силы N_{cr} . Для определения жесткости требуется определить ещё ряд показателей, таких как: коэффициент, учитывающий влияние длительного действия нагрузки на прогиб элемента, относительный эксцентриситет δ_e , коэффициент армирования. Всё это увеличивает трудоёмкость инженерного расчета.

Свод правил (СП 63.13330.2012. Актуализированная редакция. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения «СНиП 52-01-2003»). М., 2012) в настоящее время рекомендует выполнять расчёты с применением нелинейной деформационной модели (с некоторыми исключениями), которая предполагает использование в расчётах законов деформирования материалов в виде диаграмм. Данный подход реализован в научных работах по расчёту внецентренно сжатых железобетонных элементов [1–9], что позволяет достаточно точно определить не только несущую способность, но и напряжённо-деформированное состояние конструкции на любой стадии разрушения.

Расчёты с использованием нелинейной деформационной модели практически всегда можно выполнить только с применением компьютера. Более простое решение по расчету прочности внецентренно сжатого железобетон-

ного элемента прямоугольного сечения, не требующее обязательного применения компьютера, возможно с помощью изложенных ниже математических зависимостей.

Суть предлагаемого усовершенствования классической прочностной задачи заключается в упрощении учета влияния конструктивных параметров на расчетное физическое действие внешних нагрузок и на величину предельного усилия по прочности внецентренно сжатого железобетонного элемента прямоугольного сечения с симметричной арматурой.

Предлагаемое решение применимо для расчета прочности внецентренно сжатых железобетонных элементов прямоугольного сечения с симметричным армированием с учетом влияния прогиба на прочность (несущую способность). Расчётная схема нормального сечения приведена на рисунке.

Особенностью предполагаемого метода является то, что вначале вычисляют относительную величину изгибающего момента без учета прогиба железобетонной колонны α_M по уравнению

$$\alpha_M = M / (b \cdot h_0^2 \cdot R_b), \quad (1)$$

где M – изгибающий момент без учета прогиба колонны, кН·м; b – ширина прямоугольного сечения колонны, мм; h_0 – рабочая высота сечения, равная $(h - a)$, мм; R_b – расчетное сопротивление бетона сжатию, МПа.

Затем вычисляют коэффициент увеличения эксцентриситета продольной силы с учетом прогиба железобетонной колонны (η_h) по уравнению

$$\eta_h = 1 + \alpha_M = 1 + M / (b \cdot h_0^2 \cdot R_b), \quad (2)$$

где α_M – относительная величина изгибающего момента без учета прогиба железобетонной колонны.

Далее определяют расчетный изгибающий момент в опасном сечении, с учетом влияния прогиба железобетонной колонны, по уравнению

$$M_{\eta} = M_v \cdot \eta_v + M_h \cdot \eta_h \quad (3)$$

где M_v и M_h – изгибающий момент от вертикальных нагрузок и соответственно от ветровых нагрузок, кН·м; η_v и η_h – коэффициенты увеличения эксцентриситета от вертикальных нагрузок и соответственно от ветровых нагрузок.

Граничное значение относительной высоты сжатой зоны бетона ξ_R вычисляется по уравнению

$$\xi_R = 0,8/(1+R_s/700), \quad (4)$$

где R_s – расчетное сопротивление растяжению арматуры, МПа.

Затем определяют относительную величину продольной силы α_N по уравнению

$$\alpha_N = N/(b \cdot R_b \cdot h_0), \quad (5)$$

где N – продольная сила, кН; b – ширина сечения железобетонной колонны, мм; R_b – расчетное сопротивление бетона на сжатие, МПа.

При $\alpha_N < \xi_R$ высоту сжатой зоны бетона (x) определяют по уравнению

$$x = \alpha_N \cdot h_0 \quad (6)$$

где α_N – относительная величина продольной силы; h_0 – рабочая высота сечения колонны, мм.

Прочность опасного сечения железобетонной колонны M_{cc} , кН·м, определяют по уравнению

$$M_{cc} = R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) + (R_{sc} \cdot A'_s - 0,5 \cdot N) \cdot (h_0 - a'), \quad (7)$$

где b – ширина сечения колонны, мм; R_b – расчетное сопротивление бетона на сжатие, МПа; x – высота сжатой зоны бетона, мм; h_0 – рабочая высота сечения, мм; a' – расстояние от верхней сжатой грани до центра тяжести сжатой арматуры, мм; R_{sc} – расчетное сопротивление арматуры на сжатие, МПа; A'_s – площадь сечения сжатой арматуры, мм²; N – продольная сила, кН.

В заключение производят сравнение прочности опасного сечения железобетонной колонны M_{cc} , кН·м, с расчетным изгибающим моментом в опасном сечении $M_{пр}$, кН·м.

Пример. Задан внецентренно сжатый железобетонный элемент – колонна прямоугольного сечения ($b \times h = 400 \times 500$ мм) с симметричной арматурой класса А400 ($R_s = R_{sc} = 350$ МПа; площадь сечения $A_s = 1140$ мм² [3v22], $a = a' = 40$ мм), бетон класса В25 ($R_b = 14,5$ МПа); продольная сила и изгибающие моменты в опорном сечении от вертикальных нагрузок всех $N_v = 650$ кН, $M_v = 140$ кН·м; от постоянных и длительных $N_l = 650$ кН, $M_l = 130$ кН·м, от ветра $N_h = 50$ кН, $M_h = 73$ кН·м; высота этажа $l = 6$ м; расчетная длина колонны $l_0 = 1,2 \cdot 6 = 7,2$ м.

Требуется проверить прочность прямоугольного сечения с учетом влияния прогиба колонны.

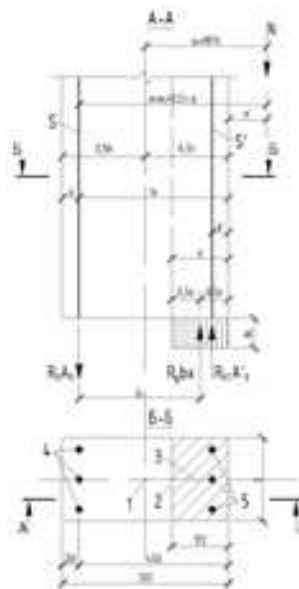


Схема расчета на прочность внецентренно сжатого железобетонного элемента прямоугольного сечения с симметричной арматурой: продольное сечение (А-А) и поперечное сечение (Б-Б):

1 – геометрическая ось элемента; 2 – граница сжатой зоны; 3 – центр тяжести площади бетона сжатой зоны; 4 – продольная арматура в растянутой зоне (S); 5 – продольная арматура в сжатой зоне (S'); b и h – ширина и длина поперечного сечения, мм; a и a' – расстояние от грани колонны до центра тяжести сечения арматуры S и S' соответственно, мм; x – высота сжатой зоны сечения, мм; e_0 – начальный эксцентриситет продольной силы относительно центра тяжести приведенного сечения, мм; R_s и R_{sc} – расчетное сопротивление арматуры по прочности на растяжение и, соответственно, на сжатие, МПа; R_b – сопротивление бетона по прочности на сжатие, МПа; z_b – плечо пары сил, мм

Последовательность расчета:

1) Рабочая высота сечения: $h_0 = h - a = 500 - 40 = 460$ мм.

Усилия от всех нагрузок составляют:

$$M = M_v + M_h = 140 + 73 = 213 \text{ кН·м.}$$

$$N = N_v + N_h = 650 + 50 = 700 \text{ кН.}$$

2) Начальный эксцентриситет продольной силы равен:

$$e_0 = M/N = 213/700 = 0,3 \text{ м} > e_a = h/30 = 500/30 = 16,66 \text{ мм.}$$

3) Относительную величину изгибающего момента α_M без учета прогиба колонны вычисляют по уравнению (1):

$$\alpha_M = M/(b \cdot h_0^2 \cdot R_b) = 213 \cdot 10^6 / (400 \cdot 460^2 \cdot 14,5) = 0,174.$$

4) Коэффициент увеличения эксцентриситета под влиянием прогиба колонны вычисляют по уравнению (2):

$$\eta_h = 1 + \alpha_M = 1 + 0,174 = 1,174.$$

5) Расчетный изгибающий момент колонны в основном сечении с учетом прогиба железобетонной колонны вычисляются по уравнению (3):

$$M_{\eta} = M_v \cdot \eta_v + M_h \cdot \eta_h = 140 \cdot 1 + 76 \cdot 1,174 = 226 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

6) Граничную относительную высоту сжатой зоны бетона ξ_R вычисляют по уравнению (4):

$$\xi_R = 0,8 / (1 + R_s / 700) = 0,8 / (1 + 350 / 700) = 0,533.$$

7) Относительную величину продольной силы α_N определяют по уравнению (5):

$$\alpha_N = N / (b \cdot R_b \cdot h_0) = 700 \cdot 10^6 / (400 \cdot 14,5 \cdot 400) = 0,262 < \xi_R = 0,533.$$

8) Высоту сжатой зоны бетона (x , мм) в сечении железобетонной колонны вычисляют по уравнению (6):

$$x = \alpha_N \cdot h_0 = 0,262 \cdot 460 = 121 \text{ мм}.$$

9) Прочность основного сечения железобетонной колонны (M_{cc} , кН·м) определяют по уравнению (7):

$$\begin{aligned} M_{cc} &= R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) + (R_{sc} \cdot A'_s - 0,5 \cdot N) \cdot (h_0 - a') = \\ &= 14,5 \cdot 400 \cdot 121 (460 - 0,5 \cdot 121) + \\ &+ (350 \cdot 1140 - 0,5 \cdot 70 \cdot 10^4) \cdot (460 - 40) = \\ &= 282,656 \cdot 10^6 + 20,58 \cdot 10^6 = 303 \text{ кН}\cdot\text{м}. \end{aligned}$$

10) Прочность внецентренно сжатого железобетонного элемента – колонны прямоугольного сечения с симметричной арматурой с учетом влияния прогиба обеспечена, так как:

$$M_{cc} = 303 > M_{\eta} = 226 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Выводы. 1. Усовершенствован классический вариант расчёта прочности внецентренно сжатого железобетонного элемента конструкции с симметричным армированием за счёт упрощения нахождения коэффициента увеличения эксцентриситета продольной силы с учетом прогиба колонны η_h .

2. Обнаружена устойчивая связь между коэффициентом увеличения эксцентриситета продольной силы с учетом прогиба η_h и относительной величиной изгибающего момента α_M ; дано упрощенное математическое описание $\eta_h = f(\alpha_M)$.

3. Снижены трудозатраты инженерного расчета при проектировании внецентренно сжатого железобетонного элемента прямоугольного сечения.

4. Предложенные расчетные формулы использованы при определении прочности и огнестойкости сжатых железобетонных элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адисцев В.В., Березина Э.В., Ершова Н.В. Определение коэффициентов трансформации эталонных диаграмм для изгибаемых и внецентренно сжатых железобетонных элементов // Известия вузов. Строительство. 2011. № 7. С.73-81.

2. Ерышев В.А., Тошин Д.С. Диаграмма деформирования бетона при многократных повторных нагружениях // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2005. № 10 (562). С.109-114.

3. Карпенко Н.И., Соколов Б.С., Радайкин О.В. К определению деформаций изгибаемых железобетонных элементов с использованием диаграмм деформирования бетона и арматуры // Строительство и реконструкция. 2012. № 2 (40). С.11-19.

4. Крусь Ю.А. Трансформирование диаграмм деформирования бетона при центральном сжатии и растяжении // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2008. № 7. С.113-122.

5. Маилан Л.Р., Иващенко Е.И. Действительные диаграммы деформирования бетона при сжатии и экспериментальные и теоретические способы их построения // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2006. № 4 (24). С.128-132.

6. Мордовский С.С. Расчёт внецентренно сжатых железобетонных элементов с применением диаграмм деформирования // Бетон и железобетон. 2012. № 2. С.11-15.

7. Мурашкин Г.В., Мордовский С.С. Применение диаграмм деформирования для расчёта несущей способности внецентренно сжатых железобетонных элементов // Жилищное строительство. 2013. № 3. С.38-40.

8. Панфилов Д.А., Мурашкин В.Г. Усовершенствованная методика расчета общих прогибов изгибаемых железобетонных элементов с учетом дискретного трещинообразования применительно к обычным и высокопрочным бетонам // Строительство и реконструкция. 2011. № 6 (38). С.30-42.

9. Panfilov Denis A., Pischulev Alexander A. The methodology for calculating deflections of reinforced concrete beams exposed to short duration uniform loading (based on nonlinear deformation model) // Procedia Engineering, 2014, vol.91, pp. 188-193. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.12.044

REFERENCES

1. Adishchev V.V., Berezina E.V., Ershova N.V. Determination of transformation coefficients of reference diagrams for bent and non-centrally compressed reinforced concrete elements. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo* [University News. Construction], 2011, no. 7, pp. 73-81. (in Russian)

2. Eryshev V.A., Toshin D.S. Concrete deformation diagram for multiple repeated loads. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo* [University News. Construction], 2005, no. 10 (562), pp. 109-114. (in Russian)

3. Karpenko N.I., Sokolov B.S., Radajkin O.V. To the determination of deformations of bent reinforced concrete elements using diagrams of deformation of concrete and reinforcement. *Stroitel'stvo i rekonstrukciya* [Construction and reconstruction], 2012, no. (40), pp. 11-19. (in Russian)

4. Krus' YU.A. Transformation of concrete deformation diagrams under central compression and tension. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo* [University News. Construction], 2008, no. 7, pp. 113-122. (in Russian)

5. Mailyan L.R., Ivashchenko E.I. Actual diagrams of concrete deformation under compression and experimental and theoretical methods for constructing them. *Vestnik rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya* [Bulletin of Rostov State Transport University], 2006, no. 4 (24), pp. 128-132. (in Russian)

6. Mordovskij S.S. Calculation of eccentrically compressed reinforced concrete elements using strain diagrams. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and reinforced concrete], 2012, no. 2, pp. 11-15. (in Russian)

7. Murashkin G.V., Mordovskij S.S. The use of deformation diagrams for calculating the bearing capacity of eccentrically compressed reinforced concrete elements. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing construction], 2013, no. 3, pp. 38-40. (in Russian)

8. Panfilov D.A., Murashkin V.G. An improved methodology for calculating the total deflections of flexible concrete elements taking into account discrete cracking in relation to ordinary and high-strength concrete. *Stroitel'stvo i rekonstrukciya* [Construction and reconstruction], 2011, no. 6 (38), pp. 30-42. (in Russian)

9. Panfilov Denis A., Pischulev Alexander A. The methodology for calculating deflections of reinforced concrete beams exposed to short duration uniform loading (based on nonlinear deformation model). *Procedia Engineering*, 2014, vol.91, pp. 188-193. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.12.044

Об авторах:

ИЛЬИН Николай Алексеевич

кандидат технических наук, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения, заместитель директора НТЦ «Пожарная безопасность» Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. (846)339-14-71

ILYIN Nikolay A.

PhD in Engineering Science, Professor of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244, tel. (846)339-14-71

МОРДОВСКИЙ Сергей Сергеевич

кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. (846)339-56-35 E-mail: qaer1@yandex.ru

MORDOVSKY Sergey S.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Building Structures Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244, tel. (846)339-56-35

МАЛЬГИНА Вера Анатольевна

магистрант Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

MALGINA Vera A.

Master's Degree Student Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244

КИРЕЕВА Надежда Александровна

магистрант Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

KIREEVA Nadezhda A.

Master's Degree Student Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244

Для цитирования: Ильин Н.А., Мордовский С.С., Мальгина В.А., Киреева Н.А. К расчету прочности внецентренно сжатого железобетонного элемента прямоугольного сечения // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 4–8. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.1.

For citation: Ilyin N.A., Mordovsky S.S., Malgina V.A., Kireeva N.A. Calculating the strength of an excentrally compressed reinforced concrete element of rectangular section. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 4–8. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.1.

В. И. ИСАЕВ
А. В. МАЛЬЦЕВ
А. А. КАРПОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА «ПЛАВАЮЩЕГО» ФУНДАМЕНТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСАДКИ НА МОДЕЛИ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ

RESEARCH OF THE "FLOATING" BASE METHOD FOR SEDIMENTATION ON THE
 MODEL OF THE FOUNDATION PLATE

Предлагается применение одномерной задачи теории компрессионного уплотнения грунтов для расчета осадок фундаментных плит большой площади. Произведен анализ существующих методов определения глубины сжимаемой толщи. Предложены авторские методики определения глубины сжимаемой толщи и осадки фундамента. Разработан испытательный стенд (лоток) и выполнено лабораторное испытание. Представлены результаты экспериментального исследования глубины сжимаемой толщи под плитными фундаментами. Произведен анализ экспериментальных данных. Подтвержден ранее предложенный авторами метод расчета глубины сжимаемой толщи.

In the article, the authors propose the application of a one-dimensional problem of the theory of compression compaction of soils for the calculation of sediments of Foundation slabs of large area. The authors analyzed the existing methods for determining the depth of the compressible thickness. The author suggests an original technique to determine the depth of compressible strata and settling of the Foundation. A test bench (tray) was developed and a laboratory test was performed. The results of an experimental study of the depth of compressible thickness under slab foundations are presented. The analysis of experimental data is made. The method of calculation of compressible thickness depth, previously proposed by the authors, is confirmed.

Ключевые слова: плитный фундамент, сжимаемая толщина, расчет осадки, модель фундамента, испытательный стенд

Keywords: slab foundation, compressible thickness, sediment calculation, foundation model, test bench

При определении осадки фундаментов важную роль играет величина слоя грунта, формирующая осадку. Этот слой получил название сжимаемая толщина. При этом сжимаемая толщина грунта имеет две границы: одну четкую – это подошва фундамента и другую «размытую», нахождение которой представляет известные трудности. Теоретически, нижняя граница сжимаемой толщи находится на той глубине, где отсутствует давление на нижележащие слои грунта от сооружения, которое называется дополнительным давлением.

В существующих методах расчета осадок фундаментов сжимаемая толщина задается заранее, например:

- в методе послойного суммирования назначается глубина, ниже которой не учитывается влияние давления от сооружения;
- в методе эквивалентного слоя мощность сжимаемой толщи принята равной двойному значению эквивалентного слоя, который напрямую зависит от размеров фундамента;
- в методе одномерного компрессионного сжатия предлагается за мощность сжимаемой

толщи принимать расстояние до несжимаемого слоя (скалы);

- в методе линейно-деформируемого слоя конечной толщины мощность сжимаемого слоя назначается заранее.

При этом в методе компрессионного сжатия грунтов предполагается расположение скалы на небольшой глубине; тогда распространение напряжений принимается равномерным по высоте сжимаемой толщи.

Следует отметить, что во всех методах величина осадки определяется как произведение площади эпюры уплотняющего давления и механической характеристики грунта, например:

$$S = P \cdot h \cdot m_v,$$

где $P \cdot h$ – площадь эпюры уплотняющего давления.

Если предположить, что «скала» удалена от поверхности приложения нагрузки на такое расстояние, где давление от сооружения на «скалу» ощущаться не будет, т. е. обнулится, тогда это расстояние можно называть сжимающей толщиной. Распределение напряжения по глубине сжимаемой толщи примет вид

треугольника, и формула осадки запишется по-другому, а именно:

$$S = 1/2 \cdot P \cdot h \cdot m_v.$$

Вышеописанное состояние в грунте может возникнуть в том случае, если давление от сооружения будет уравновешено весом столба грунта, т. е. $P = \gamma \cdot z$, – это и будет выражать принцип «плавающего» фундамента, откуда легко находится граница, ниже которой не будет осадки грунтов.

По результатам последних исследований [1–5] сделан вывод о том, что критерий установления глубины сжимаемой толщи принят условно и не отражает фактического распространения деформации грунта по глубине основания. В результате этого при расчете получают завышенные глубины сжимаемой толщи, а абсолютные значения замеренных перемещений грунта по глубине основания оказываются меньше расчетных.

Такого же мнения придерживаются и авторы статьи, в качестве альтернативы предлагая авторскую методику определения глубины сжимаемой толщи и расчета осадки фундамента, в основе которой лежит применение принципа «плавающего фундамента», когда для определения мощности сжимаемого грунта принято условие равенства давления от сооружения величине природного давления.

Для утверждения возможности применения концепции «плавающего фундамента» ниже приводятся мнения Н.А. Цытовича и С.Г. Кушнера [7, 8] о том, что общая осадка фундаментов мало зависит от их жесткости. Н.А. Цытович утверждает следующее: «жесткость фундамента практически не влияет на мощность сжимаемой толщи». По мнению С.Г. Кушнера, «по мере увеличения ширины плиты прирост глубины сжимаемой толщи становится практически мало зависящим от ширины плиты».

В своей работе Н.А. Цытович пишет, что «величина активной зоны сжатия зависит от величины напряжений (вероятно уплотняющих), от уплотненности грунтов и т. д.». Об этом пишет и С.Г. Кушнер, отмечая, что «мощность сжимаемой толщи является одним из факторов, влияющих на осадку, и зависит от давления под подошвой фундамента и его распределения по глубине, от состояния и свойств грунта, от размеров приращения давления на основание по сравнению с природными».

Ниже предлагается расчетная схема определения границы сжимаемой толщи (рис. 1), основанная на предположении [6, 7], что вес сооружения уравновешивается весом вынужто-го грунта. На горизонте а-а давление от сооруже-

ния будет равно весу сжатого грунта $abba$ и грунтовая толща ab будет испытывать сжатие от дополнительного давления P .

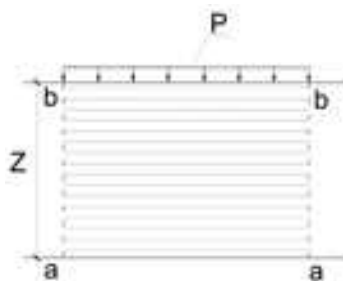


Рис. 1. Схема к расчету величины сжимаемой толщи грунта

На горизонте а-а можно записать равенство

$$P = \gamma \cdot z,$$

отсюда

$$z = P/\gamma,$$

т. е. можно сказать, что z – это сжимаемая толща.

После откопки котлована сжимаемая толща уменьшается (рис. 2), что записывается уравнением

$$H_c = z - \gamma \cdot d.$$

Ниже границы а-а уплотняющее давление отсутствует, грунты не будут испытывать сжатия, это состояние можно записать как $P_0 = 0$, тогда при наличии глубины заложения эпюра уплотняющих давлений будет иметь форму треугольника.

Принцип линейной деформируемости грунтов сохраняется, что учитывается использованием модуля общих деформаций.

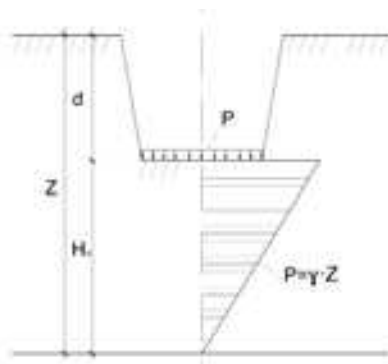


Рис. 2. Схема распределения уплотняющих давлений по глубине

Далее используем формулу задачи компрессионного уплотнения, где осадка равна площади уплотняющего давления и обратно пропорциональна модулю деформации грунта.

$$S = \frac{1}{2} \cdot P \cdot H_c \cdot \frac{\beta_0}{E_0},$$

где $\frac{1}{2} \cdot P \cdot H_c$ – площадь треугольника или площадь уплотняющего давления;

H_c – активная зона сжатия, расстояние от подошвы фундамента до горизонта а-а;

P – уплотняющее давление;

E – модуль общей деформации грунтов основания.

Вышеописанным приемом авторами решена задача перехода от более сложной задачи линейно-деформируемого полупространства к более простой задаче слоя конечной мощности.

Ниже предлагается сравнительный количественный анализ расчетов по различным методикам на примерах № 2,3,4 из книги В.И. Мулина [10]. Исходя из решения задачи по методу послойного суммирования, мощность сжимаемой толщи равна 10,2 м при соотношении напряжений $\sigma_{zpi} = 0,2\sigma_{zgi}$

Осадка составила $S = 2,5$ см.

Используя условия задачи согласно СП 22.13330.2016, а именно $P_0 = P$ и $\sigma_{zpi} = 0,5\sigma_{zgi}$ получим мощность сжимаемой толщи 10,2 м, заметим, что это чистое совпадение.

Осадка равна $S = 7,0$ см.

Далее для этой же трубы рассмотрим расчет по методу эквивалентного слоя.

Мощность эквивалентного слоя составит $h_s = 39,5$ м, средний коэффициент сжимаемости $m_v = 0,0019$ см²/кг, осадка при $P_0 = 63$ кПа составит $S = 4,7$ см. Однако, если принять $P_0 = P$, то осадка будет иметь значение $S = 13,2$ см.

В примере № 4 использован метод линейно-деформированного слоя конечной толщины, согласно которому осадка составит $S = 5,4$ см, а мощность сжимаемой толщи 14,4 м.

Для сравнения выполняем расчет, используя принцип «плавающего» фундамента. Мощность сжимаемой толщи составит 3,4 м, а осадка $S = 1,3$ см.

Можно сожалеть о том, что В.И. Мулин не привел в своей работе данные фактических измерений осадки фундамента под трубу.

Как видно из вышеприведенных расчетов, разброс результатов значительный, при этом, на наш взгляд, более близким к действительности является результат расчета по методу линейно-деформируемого полупространства с соотношением $\sigma_{zpi} = 0,2\sigma_{zgi}$. Кроме того, физически может испытывать деформации только слой с меньшим модулем деформации,

что и доказывается в методе «плавающего» фундамента.

Ниже приводятся сравнительные данные по расчету осадки плиты жилого 10-этажного дома, расположенного по адресу: г. Самара, ул. Братьев Коростелевых, д.117, сданного в эксплуатацию в 2010 г. Фундамент здания представляет собой плиту шириной 18,0 м. Грунтом основания служит суглинок мощностью 12,5 м, удельный вес 1,98 т/см³, модуль деформации $E = 10$ МПа, глубина заложения подошвы фундамента 4,0 м. Фактическое давление под плитой составляет 176,0 кПа.

Для сравнения использованы данные, полученные методом линейно-деформируемого слоя конечной толщины. Мощность сжимаемой толщи составляет $H_c = 10,42$ м.

Осадка плиты определена по формуле

$$S = \frac{P \cdot b \cdot k_c}{k_m} \sum_{i=1}^n \frac{k_i - k_{i-1}}{E_i}, S = 6,86 \text{ см.}$$

По методу плавающего фундамента сжимаемая толща составляет $H_c = 4,9$ м.

$$S = \frac{1}{2} \cdot P \cdot H_c \cdot \frac{\beta_0}{E_0}, S = 3,45 \text{ см.}$$

Сжимаемая толща, определенная по методу послойного суммирования, равна $H_c = 7,2$ м, осадка вычисляется по формуле

$$S = 0,8 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2_i}, S = 9,0 \text{ см.}$$

Фактически замеренная осадка плиты равна 3,23 см.

Для подтверждения вышепредставленных теоретических выкладок авторов проведено лабораторное исследование по нахождению глубины под моделью фундаментной плиты, где грунтовая марка не получит осадку при заранее заданной нагрузке на плиту.

Цель испытаний на модели фундаментной плиты заключается в том, что, при известном удельном весе грунта, назначается глубина сжимаемой толщи, далее находится соответствующая этой величине сжимаемой толщи нагрузка на плиту, отдельными ступенями доводится нагрузка на плиту до заранее заданного значения и проверяется отсутствие перемещений на заданной глубине, тем самым фиксируется граница сжимаемой толщи. Исследование сжимаемости грунтов основания под моделью фундаментной плиты проводится в лаборатории кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов Академии строительства и архитектуры Самарского государственного технического университета.

Для исследования был использован испытательный стенд (круглый в плане грунтовый лоток) с реперной системой. Схема устройства

лотка приведена на рис. 3. Общий вид лотка представлен на рис. 4. Внутренний диаметр лотка – 440 мм, высота – 500 мм. В качестве модели плиты служит металлический диск толщиной 10 мм с отверстием для погружения грунтовой марки; диаметр диска равен 410 мм. В качестве грунта использовалась искусственная смесь мелкого песка и технического вазелина в соотношении 10:1 соответственно. Физико-механические показатели грунтовой смеси следующие: удельный вес – от 1,65 до 1,7 г/м³; влажность – 10 %; модуль деформации – переменный, от 4,0 до 7,0 МПа.

Осадка плиты замерялась с помощью индикаторов часового типа с точностью до 0,01 мм. Индикаторы устанавливались на две противоположные стороны плиты. Деформация грунтового основания фиксировалась по центру плиты с помощью грунтовой марки. Мощность сжимаемого слоя назначалась в 30, 20, 10 и 5 см.

При удельном весе грунта 16,5 – 17,5 кН/м³ соответственно определялась нагрузка на плиту по формуле

$$N = P \cdot A,$$

где A – площадь плиты, $A = 0,132 \text{ м}^2$.

Удельное давление на грунт рассчитывалось по формуле

$$P = \gamma \cdot z_i,$$

где γ – удельный вес грунта, кН/м³;

z_i – заданная глубина сжимаемой толщи.

Эксперимент заключался в постановке глубинной марки на заранее заданной границе сжимаемой толщи, в загрузке лотка грунтом с послойным уплотнением, в определении методом режущего кольца удельного веса грунта, в приложении отдельными ступенями нагрузки на плиту. Каждую ступень выдерживали до полного затухания осадки плиты от предыдущей ступени. Осадка фиксировалась по показаниям индикаторов. Испытание плиты проводилось с трехкратным повторением при каждой назначенной мощности сжимаемой толщи.

Результаты испытаний по усредненным показателям представлены в таблице.

В представленных в таблице данных видно, что при нагрузке на плиту, равной весу взятого грунта $P = \gamma \cdot z$ на заданной глубине H_c (5,0; 10,0; 20,0; 30,0 см) (т. е. на границе сжимаемой толщи), деформации грунта отсутствуют.

Анализируя полученные результаты, можно сделать общий **вывод**, что принцип «плавающего» фундамента при расчете осадки фундаментных плит полностью подтвержден проведенными испытаниями на модели плиты.

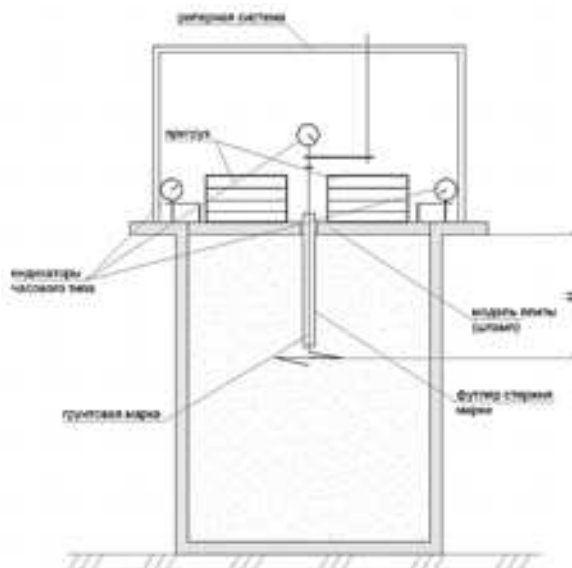


Рис. 3. Схема устройства испытательного стенда



Рис. 4. Общий вид испытательного стенда

Идея, положенная в основу нахождения нижней границы сжимаемой площади через фактическое давление и свойства грунтов, доказана полученными результатами. При этом зависимость мощности сжимаемой толщи от соотношения среднего давления и плотности универсальная, и в практических целях можно заранее назначить мощность сжимаемой толщи

Результаты испытаний по усредненным показателям

Граница сжимаемой толщи, см	Удельный вес грунта, кН/м ³	Необходимое давление, кПа	Необходимая нагрузка на плиту, кН	Степень нагрузки, кН	Нагрузка, кН	Средняя осадка плиты, мм	Осадка марки, мм
Испытание плиты при сжимаемой толще 5 см							
5,0	16,5	0,825	0,11	0,08	0,08	0,15	0
				0,08	0,16	0,40	0
				0,08	0,24	0,76	0,03
				0,08	0,32	1,43	0,15
Испытание плиты при сжимаемой толще 10 см							
10,0	17,0	1,700	0,224	0,04	0,04	0,015	0
				0,04	0,08	0,025	0
				0,04	0,12	0,045	0
				0,04	0,16	0,075	0
				0,04	0,20	0,09	0
				0,04	0,24	0,13	0
				0,04	0,28	0,21	0,02
Испытание плиты при сжимаемой толще 20 см							
20,0	16,9	3,38	0,446	0,04	0,04	0	0
				0,04	0,08	0,02	0
				0,04	0,12	0,035	0
				0,04	0,16	0,045	0
				0,04	0,20	0,06	0
				0,04	0,24	0,07	0
				0,04	0,28	0,09	0
				0,04	0,32	0,11	0
				0,04	0,36	0,13	0
				0,04	0,40	0,15	0
				0,04	0,44	0,21	0
				0,04	0,48	0,23	0
0,04	0,52	0,28	0				
Испытание плиты при сжимаемой толще 30 см							
30,0	16,5	4,95	0,653	0,04	0,04	0,16	0
				0,04	0,08	0,43	0
				0,04	0,12	0,64	0
				0,04	0,16	0,9	0
				0,04	0,20	1,3	0
				0,04	0,24	1,7	0
				0,04	0,28	2,1	0
				0,04	0,32	2,6	0
				0,04	0,36	3,1	0
				0,04	0,40	3,5	0
				0,04	0,44	4,0	0
				0,04	0,48	4,3	0
				0,04	0,52	4,5	0
				0,04	0,56	4,8	0
				0,04	0,60	5,1	0
				0,04	0,64	5,6	0
				0,04	0,68	6,0	0,04
0,04	0,72	6,4	0,075				

и получить допускаемую нагрузку на плиту; кроме того, можно заранее ограничивать нагрузку на плиту по величине допустимой осадки и фактического модуля деформации.

Вышеуказанная зависимость также удобна для проведения исследования работы плитных фундаментов в лабораторных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голубков В.Н., Догадайло А.И., Дуденко Ю.И. Исследование деформаций грунта в основании штампа большой площади // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1984. № 5. С. 18–21.
2. Догадайло А.И., Дуденко Ю.И. Исследование характера формирования объемной деформации грунта в основании штампов разной площади // Будівельні конструкції: Міжвід. наук.-техн. зб. 2004. № 61. С. 67–74.
3. Егоров К.Е. О деформации основания конечной толщины // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1961. № 1. С.4–6.
4. Коновалов П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. Изд. 4-е. М., 2000. 385 с.
5. Тугаенко Ю.Ф. Принципы определения осадки фундамента в пределах ее нелинейной зависимости от давления // Збірник наукових праць (галузевої машинобудування, будівництва). 2012. № 4(34). С. 268–273.
6. Isaev V., Maltsev A., Karpov A. Calculating Methodology of large Base slabs: compressible strata capacity and foundation settlement/ 27th Russian-Polish-Slovak Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27rsp), tfoce 2018.
7. Isaev V., Maltsev A., Karpov A.. Theoretical basics of applying the one dimensional problem of soils compression seal theory to large foundation plates calculation // MATEC Web of Conferences 86 / 5th International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education. 2016.
8. Кушнер С.Г. Расчет деформаций оснований зданий и сооружений. Киев: Издательско-полиграфич. объединение «Запорожье», 2008. 490 с.
9. Цытович Н.А. Механика грунтов. Полный курс. Изд. 5-е. М., 2014. 638 с.
10. Мулин В.И. Механика грунтов для инженеров-строителей. М.: Стройиздат, 1978. 120 с.

Об авторах:

ИСАЕВ Вениамин Иванович

кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

REFERENCES

1. Golubkov V. N., Dogadailo, A. I. Dudenko Y. I. Study of the deformations of the soil at the base of the stamp is the large square. *Osnovaniya, fundamenty i mehanika gruntov* [Foundation, foundations and soil mechanics], 1984, no. 5, pp. 18-21. (in Russian)
2. Guadaylo A. I., Dudenko Y. I. Study of the nature of the formation of bulk deformation of the soil at the base of stamps of different areas. *Budivěl'ni konstruktzii: Mizhvidomchij naukovno-tehnichnij zbirnik*. [Building structures: Interdepartmental scientific and technical collection], 2004, no. 61, pp. 67-74. (in Ukrainian)
3. Egorov K. E. On deformation of the base of finite thickness. *Osnovaniya, fundamenty i mehanika gruntov* [Foundation, foundations and soil mechanics], 1961, no. 1, pp. 4-6. (in Russian)
4. Konovalov P. A. *Osnovaniya i fundamenty rekonstruiruemyyh zdaniy. Izdanie 4-e* [Bases and foundations of reconstructed buildings. Edition 4-e]. Moscow, VNIINT-PI, publishing house "Paper Gallery", 2000. 385 p.
5. Tugaenko Y. F. Principles for the calculation of the Foundation within its nonlinear dependence on pressure. *Zbirnik naukovih prac' (galuzeve mashinobuduvannja, budivnictvo)* [Collection of scientific papers (industrial engineering, construction)], 2012, no. 4 (34). pp. 268-273. (in Ukrainian)
6. Isaev V., Maltsev A., Karpov A. Calculating Methodology of large Base slabs: compressible strata capacity and foundation settlement. MATEC Web of Conferences, 2018, no. 196, 03002. DOI: 10.1051/mateconf/201819603002.
7. Isaev V., Maltsev A., Karpov A. Theoretical basics of applying the one dimensional problem of soils compression seal theory to large foundation plates calculation. MATEC Web of Conferences, 2016, no. 86, 02021. DOI: 10.1051/mateconf/20168603001.
8. Kushner S. G. *Raschet deformacij osnovanij zdaniy i sooruzhenij* [Calculation of deformations of foundations of buildings and structures]. Association "Zaporozhye", 2008. 490 p.
9. Tsytoovich N. A. *Mehanika gruntov. Polnyj kurs. Izdanie 5-e* [Soil Mechanics. Full course. Edition 5th]. Moscow, 2014. 638 p.
10. Mulin V. I. *Mehanika gruntov dlja inzhenerov-stroitelej* [Soil Mechanics for civil engineers]. Moscow, Stroyizdat, 1978. 120 p.

ISAEV Veniamin I.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Geology and Foundation Engineering Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244

МАЛЬЦЕВ Андрей Валентинович

кандидат технических наук, заведующий кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

MALTSEV Andrey V.

PhD in Engineering Science, Head of the Geology and Foundation Engineering Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244

КАРПОВ Андрей Анатольевич

учебный мастер кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

KARPOV Andrey A.

Laboratory Instructor of the Geology and Foundation Engineering Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244

Для цитирования: *Исаев В.И., Мальцев А.В., Карпов А.А.* Исследование метода «плавающего» фундамента по определению осадки на модели фундаментной плиты // Градостроительство и архитектура. Т. 10, № 1. С. 9–15. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.2.

For citation: *Isaev V.I., Maltsev A.V., Karpov A.A.* Research of the “floating” base method for sedimentation on the model of the foundation plate. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 9–15. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.2.

Уважаемые читатели!

Научно-технический центр «Геотехника» с лабораторией «Механика грунтов» приглашает к сотрудничеству.

Основные направления деятельности Центра:

- инженерные изыскания
- обследования зданий и сооружений
- судебная экспертиза
- консультационные услуги

Руководитель *Мальцев Андрей Валентинович*

Контакты:

443001, Россия, г. Самара, Молодогвардейская, 194, корпус 13 (АСА СамГТУ), каб. 0304 Б
тел. (846) 339-14-69
E-mail: geotechnika@ya.ru

Н. В. КОНДРАТЬЕВА
А. Ю. АЛФИМЕНКОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

RESEARCH OF WAYS TO INCREASE CORROSION RESISTANCE IN REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS

Приведены результаты первых двух серий исследований способов повышения коррозионной стойкости железобетонных конструкций с первичной защитой в виде добавки ацетоноформальдегидной смолы АЦФ-75 и с вторичной защитой двухкомпонентной смолой Биндер ЭП 11 Тиксо. Исследования показали, что добавка АЦФ-75 приводит к значительному повышению прочности бетона. Результатами лабораторных испытаний было доказано, что применение бетона с добавкой АЦФ-75 недопустимо в железобетонных конструкциях, эксплуатирующихся в средах, содержащих серную и азотную кислоты, без дополнительной антикоррозионной защиты поверхности. В ходе исследования было доказано, что образцы, покрытые в три слоя смолой Биндер ЭП11 Тиксо, оказались стойкими к 5 %-му раствору азотной кислоты.

Ключевые слова: химическая коррозия, железобетонные конструкции, коррозионная стойкость, ацетоноформальдегидная смола, эпоксидная смола

Испытательный Центр «Самарастройиспытания» СамГТУ выполняет обследования зданий и сооружений различных назначений [1]. При обследовании объектов на нефтеперерабатывающих или химических предприятиях выявляется большое количество железобетонных конструкций, подверженных коррозионным процессам. Дефекты в виде коррозии арматуры и бетона приводят к значительному снижению несущей способности конструкций [2, 3]. Исследование воздействия агрессивных сред на бетон железобетонных конструкций, разработка результативных методик по восстановлению их несущей способности, а также выбор эффективных материалов при первичной и вторичной защите конструкций от коррозии являются актуальными задачами [4–9].

Целью настоящего исследования является разработка новых методик восстановления несущей способности поврежденных конструкций, а также оценка эффективности антикоррозионных материалов.

Агрессивными средами для проведения испытаний выбраны 5 %-й раствор серной кис-

The results of the first two series of studies of ways to increase the corrosion resistance of reinforced concrete structures with primary protection in the form of an additive of acetone-formaldehyde resin ACF-75 and with secondary protection with a two-component resin Binder EP 11 Tikso are presented. Studies have shown that the addition of ACF-75 leads to a significant increase in the strength of concrete. The results of laboratory tests have shown that the use of concrete with the addition of ACF-75 is unacceptable in reinforced concrete structures operating in environments containing sulfuric and nitric acids, without additional corrosion protection of the surface. In the course of the study, it was proved that the samples coated in three layers with Binder EP11 Thixo resin were resistant to a 5 % solution of nitric acid.

Keywords: chemical corrosion, reinforced concrete, fastness to staining, acetone-formaldehyde resin, epoxide

лоты и 5 %-й раствор азотной кислоты. В качестве меры первичной защиты исследуется эффективность применения ацетоноформальдегидной смолы АЦФ-75 в виде добавки к бетону в количестве 2 % от объема бетонной смеси. В качестве меры вторичной защиты исследуется эффективность двухкомпонентной смолы Биндер ЭП 11 Тиксо, а также сравниваются результаты ее нанесения на бетонные образцы по праймеру ЭП 01 Грунт и без праймера.

Программа испытаний

Для проведения испытаний были изготовлены 56 бетонных кубиков класса В25 с размерами 70x70x70 мм на гранитном щебне фракции 5-10 мм. Цемент использовался марки ПЦ400.

Образцы были разделены на 4 группы по 14 штук:

- 1-я группа (14 шт.) – бетонные образцы без добавок (рис. 1, а);
- 2-я группа (14 шт.) – бетонные образцы, покрытые в три слоя смолой Биндер ЭП11 Тиксо по праймеру ЭП 01 Грунт (рис. 1, б);

• 3-я группа (14 шт.) – бетонные образцы, покрытые в три слоя смолой Биндер ЭП11 Тиксо без предварительной грунтовки бетонной поверхности (рис. 1, в);

• 4-я группа (14 шт.) – бетонные образцы с добавкой АЦФ-75 в количестве 2 % от объема бетона (рис. 1, г).

В рамках исследовательской работы предполагается проведение нескольких серий испытаний с определением основных характеристик объектов в заранее обозначенных контрольных точках, представленных в таблице.

В период с мая по июль 2019 г. на подготовительном этапе были проведены работы по изготовлению бетонных образцов. Все образцы были разделены по группам и промаркированы.

На нулевой контрольной точке в августе 2019 г. были проведены испытания контрольных образцов с целью определения следующих параметров:

• масса и объем;

• водопоглощение образцов 1-й и 4-й групп по ГОСТ 12730.3-78;

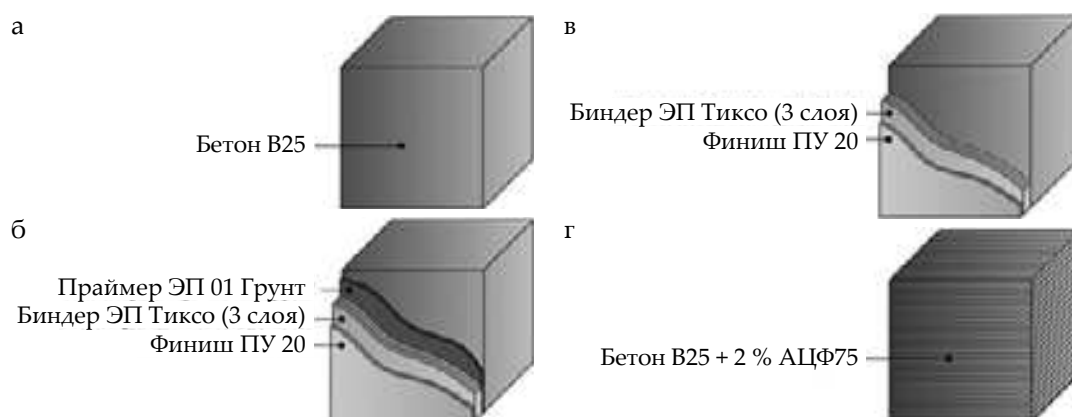


Рис. 1. Бетонный образец:
а – 1-й группы; б – 2-й группы; в – 3-й группы; г – 4-й группы

График испытания образцов

Группа образцов	Определяемые характеристики	08.2019	09.2019	11.2019	02.2020
		Нулевая контрольная точка	Первая контрольная точка	Вторая контрольная точка	Третья контрольная точка
		Количество испытываемых образцов, шт.			
1	Масса	16	4	4	4
	Объем	16	4	4	4
	Водопоглощение	4	–	–	–
	Прочность	4	4	4	4
2	Масса	16	4	4	4
	Объем	16	4	4	4
	Адгезия	4	4	4	4
	Прочность	4	4	4	4
3	Масса	16	4	4	4
	Объем	16	4	4	4
	Адгезия	4	4	4	4
	Прочность	4	4	4	4
4	Масса	16	4	4	4
	Объем	16	4	4	4
	Водопоглощение	4	–	–	–
	Прочность	4	4	4	4

- прочность сцепления защитного покрытия с бетоном образцов 2-й и 3-й групп в соответствии с ГОСТ 32299-2013 (ISO 4624:2002);

- прочность при испытании образцов на сжатие по ГОСТ 10180-2012.

Основные образцы были разделены на две группы по 24 шт. в каждой. Первая была погружена в контейнер с 5 %-м раствором серной кислоты, вторая – в контейнер с 5 %-м раствором азотной кислоты. Контроль кислотности растворов проводился регулярно.

На *первой* (в сентябре 2019 г.) и *второй* (в ноябре 2019 г.) контрольных точках был произведен отбор 16 образцов (по 2 шт. из каждой подгруппы). Фиксировался внешний вид образцов, а также состояние растворов. Были определены следующие параметры образцов:

- масса и объем;
- прочность сцепления бетона с защитным покрытием образцов 2-й и 3-й групп в соответствии с ГОСТ 32299-2013 (ISO 4624:2002);
- прочность при испытании образцов на сжатие по ГОСТ 10180-2012.

На *третьей* контрольной точке предполагается определение тех же параметров, что и на первых двух, с целью определения динамики изменения характеристик образцов.

Результаты испытаний по определению водопоглощения контрольных образцов

Испытания контрольных образцов проводились по ГОСТ 12730.3-78 «Бетоны. Метод определения водопоглощения». Водопоглощение по массе определялось отношением массы поглощенной и удержанной образцов воды к массе сухого образца (рис. 2).

Анализ результатов испытаний контрольных образцов с целью определения водопоглощения показывает, что водопоглощение об-

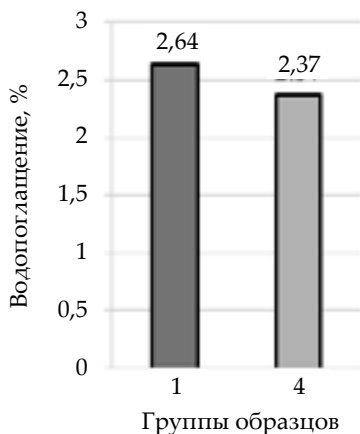


Рис. 2. Гистограмма водопоглощения контрольных образцов 1-й и 4-й групп

разцов 4-й группы с добавкой АЦФ-75 ниже на 11 %, чем у образцов 1-й группы.

Результаты визуального обследования

При проведении визуального обследования образцов четырех групп, погруженных в 5 %-й раствор серной кислоты, был выявлен ряд особенностей:

1) нерастворимые продукты (сульфат кальция), образованные в процессе химической реакции взаимодействия гидроксида кальция и серной кислоты, выпали в осадок в виде аморфных масс (рис. 3, б, в, 4, а);

2) у образцов 1-й и 4-й групп оголились зерна гранитного щебня в результате растворения наружного слоя цементного камня в растворе серной кислоты (рис. 4, б);

3) у образцов 2-й и 3-й групп обнаружены трещины в покрытии, преимущественно вдоль ребер (рис 5, а, б).

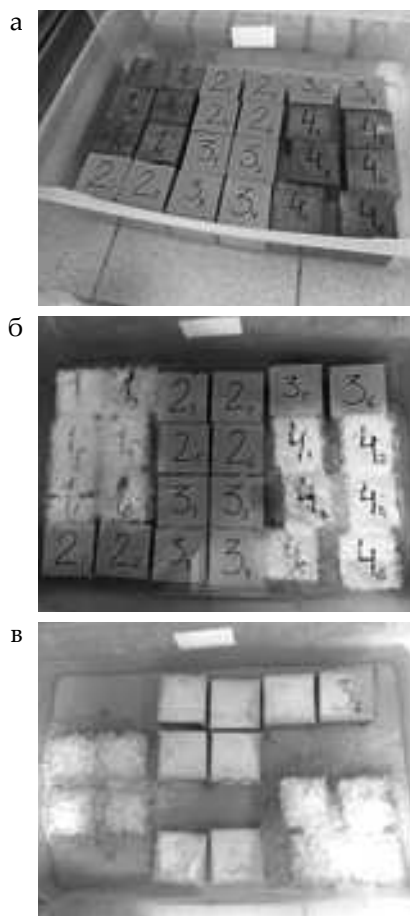


Рис. 3. Контейнер с 5 %-м раствором серной кислоты: а – состояние на момент погружения образцов в раствор; б – состояние по прошествии одного месяца со дня погружения; в – состояние по прошествии трех месяцев

По результатам визуального обследования образцов четырех групп, погруженных в 5 %-й раствор азотной кислоты, были выявлены следующие особенности:

1) в результате реакции взаимодействия образцов 4-й группы с добавкой АЦФ-75 с 5 %-м раствором азотной кислоты наблюдалось значительное пенообразование (рис. 6, а), вероятно, связанное с ее большей активностью относительно серной кислоты;

2) бетонные образцы 1-й и 4-й групп, находившиеся в растворе азотной кислоты, приобрели ржавый оттенок и имели незначительные повреждения цементного камня вдоль ребер (рис. 6, б, в; 7, а);

3) образцы 2-й и 3-й групп видимых дефектов в покрытии не имели (рис. 7, б).

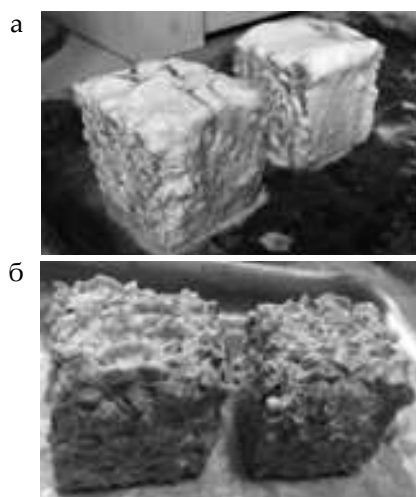


Рис. 4. Образцы 1-й и 4-й групп после выдержки в растворе серной кислоты:
а – в течение одного месяца;
б – в течение трех месяцев

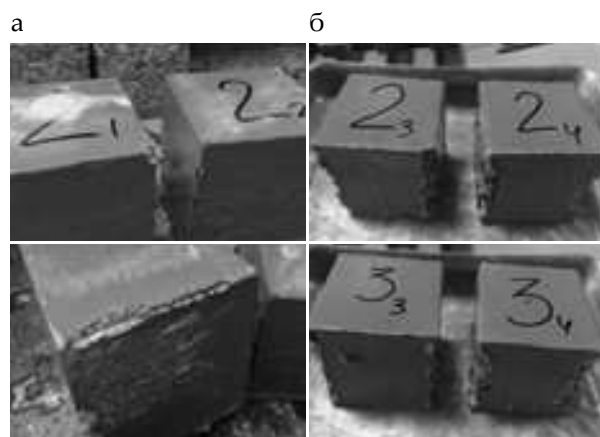


Рис. 5. Образцы 2-й и 3-й групп после выдержки в растворе серной кислоты:
а – в течение одного месяца;
б – в течение трех месяцев

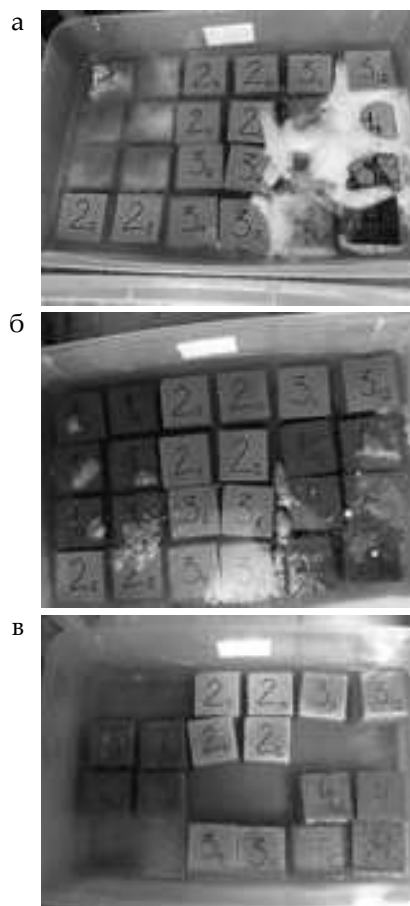


Рис. 6. Контейнер с 5 %-м раствором азотной кислоты: а – состояние на момент погружения образцов в раствор; б – состояние по прошествии одного месяца со дня погружения; в – состояние по прошествии трех месяцев

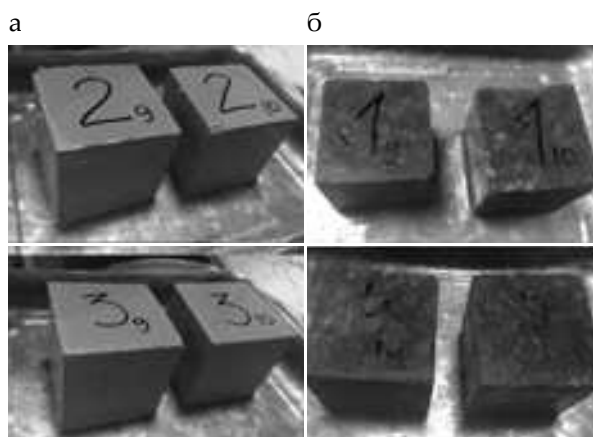


Рис. 7. Состояние образцов после выдержки в растворе азотной кислоты в течение трех месяцев:
а – 1-й и 4-й групп;
б – 2-й и 3-й групп

Результаты исследования

Результаты изменения массы образцов приведены на рис. 8, 9. Анализ результатов на момент второй контрольной точки позволяет сделать следующие выводы:

1) Образцы 1-й и 4-й групп прореагировали с раствором серной кислоты, что привело к снижению массы на 20,4 и 21,4 % соответственно.

2) Реакция взаимодействия бетонных образцов 1-й и 4-й групп и азотной кислоты оказалась слабее реакции с раствором серной кислоты. Потеря массы 1-й группы составила 1,3 %, 4-й группы – 1,5 %.

3) Массы образцов 2-й и 3-й групп, погруженных в раствор серной кислоты, уменьшились на 1,8 и 2,3 % соответственно.

4) Образцы 2-й и 3-й групп, погруженные в раствор азотной кислоты, не имели значительных изменений в исследуемом параметре.

Опираясь на полученные данные испытаний, отраженные на рис. 10, 11, можно сделать следующие выводы:

1) Добавка АЦФ-75 позволила получить бетон повышенной плотности и, соответственно, большей прочности на сжатие, значение которой на 18-29 % выше прочности контрольных бетонных образцов 1-3-й групп.

2) Выявлено, что за три месяца воздействия 5 %-х растворов серной и азотной кислот прочность образцов 4-й группы снизилась на 48 и 39 % соответственно, что говорит о недопустимости использования данной добавки в железобетонных конструкциях, подвергающихся воздействию серной и азотной кислот, без дополнительной защиты поверхности.

3) Снижение прочности бетонных образцов 1-й группы в растворе азотной кислоты оказалось наименьшим – 12 %, в растворе серной кислоты – 39 %.

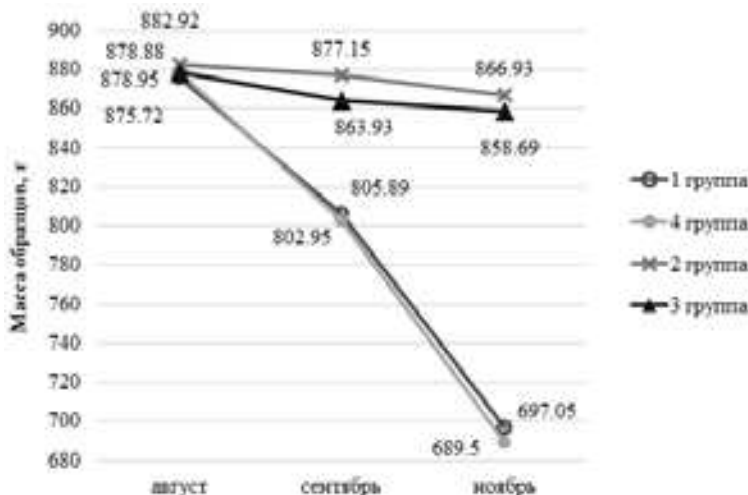


Рис. 8. График изменения массы образцов четырех групп после погружения в 5 %-й раствор серной кислоты

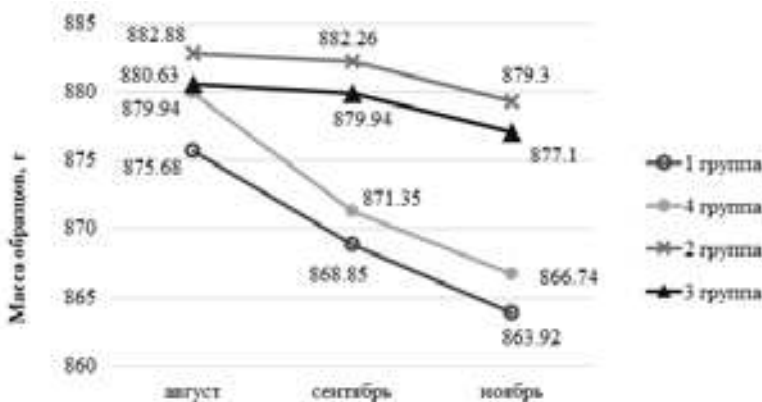


Рис. 9. График изменения массы образцов четырех групп после погружения в 5 %-й раствор азотной кислоты

4) За первый месяц испытаний серная кислота не оказала значительного влияния на образцы 2-й и 3-й групп с защитным покрытием, они продолжили набирать прочность, рост которой составил 3 и 7 % соответственно. Раствор серной кислоты, проникая через дефекты покрытия вглубь бетона, растворял цементный

камень, что в конечном счете привело к потере прочности образцов 2-й группы на 5 %, 3-й группы – на 13 %.

5) Раствор азотной кислоты не оказал отрицательного влияния на образцы 2-й и 3-й групп, рост прочности образцов составил 14 и 22 % соответственно.

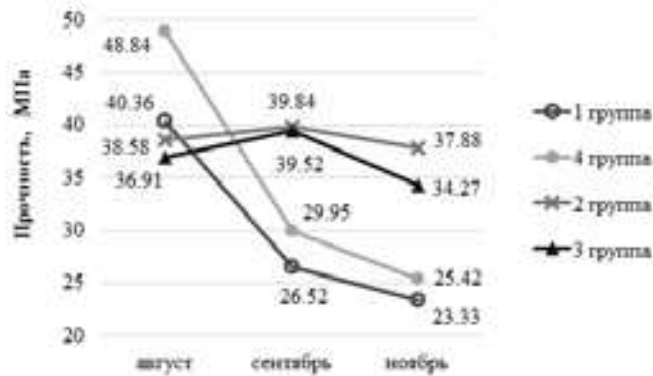


Рис. 10. График изменения прочности образцов четырех групп после погружения в раствор серной кислоты

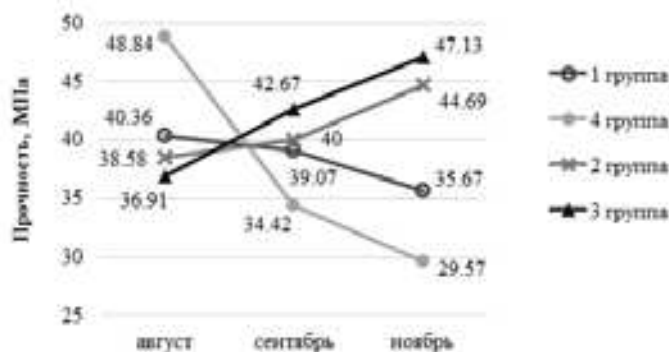


Рис. 11. График изменения прочности образцов четырех групп после погружения в раствор азотной кислоты

Выводы. 1. Исследования показали, что добавка АЦФ-75 в количестве 2 % от объема бетонной смеси приводит к повышению прочности бетона на 20 %. Добавка АЦФ-75 в количестве 2 % от объема бетонной смеси понижает водопоглощение бетона на 11 %.

2. Результатами лабораторных испытаний было доказано, что применение бетона с добавкой АЦФ-75 недопустимо в железобетонных конструкциях, эксплуатирующихся в средах, содержащих серную и азотную кислоты, без дополнительной антикоррозионной защиты поверхности.

3. Образцы 2-й группы, покрытые в три слоя смолой Биндер ЭП11 Тиксо по праймеру ЭП 01 Грунт, а также образцы 3-й группы, покрытые в три слоя смолой Биндер ЭП11 Тиксо без пред-

варительной грунтовки бетонной поверхности, оказались стойкими к 5 %-му раствору азотной кислоты. Они не имели видимых повреждений в покрытии и продолжили набирать прочность, рост которой составил 14 и 22 % соответственно.

4. Образцы 2-й и 3-й групп, выдержанные в 5 %-м растворе серной кислоты, имели повреждения в покрытии, преимущественно вдоль ребер, но несмотря на это за первый месяц их прочность увеличилась на 3 и 7 % соответственно, к третьему месяцу испытаний снизилась на 5 и 13 % соответственно.

5. Окончательные выводы об эффективности применения двухкомпонентной смолы Биндер ЭП 11 Тиксо можно будет сделать после анализа результатов испытаний на третьей контрольной точке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кондратьева Н.В. Анализ причин разрушения бетона железобетонных несущих конструкций грануляционной башни № 2 ОАО «Тольяттиазот» // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: сборник статей. Самара: СамГТУ, 2017. С. 70–73.
2. Москвин В.М. Коррозия бетона в агрессивных средах. М.: Стройиздат, 1971. 223 с.
3. Москвин В.М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. М.: Стройиздат, 1980. 536 с.
4. Jinfeng Chi, Guoliang Zhang, Qingyi Xie, Chunfeng Ma, Guangzhao Zhang, High performance epoxy coating with cross-linkable solvent via Diels-Alder reaction for anti-corrosion of concrete, *Progress in Organic Coatings*, 2020, vol. 139. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300944019313165>.
5. Qian Hui Xiao, Qiang Li, Zhi Yuan Cao, Wei Yu Tian, The deterioration law of recycled concrete under the combined effects of freeze-thaw and sulfate attack, *Construction and Building Materials*, 2019, vol. 200, pp. 344–355. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061818330460>.
6. Changlin Zhou, Zheming Zhu, Aijun Zhu, Lei Zhou, Yong Fan, Lin Lang, Deterioration of mode II fracture toughness, compressive strength and elastic modulus of concrete under the environment of acid rain and cyclic wetting-drying, *Construction and Building Materials*, 2019, vol. 228. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061819322391>.
7. Guoliang Zhang, Qingyi Xie, Chunfeng Ma, Guangzhao Zhang, Permeable epoxy coating with reactive solvent for anticorrosion of concrete, *Progress in Organic Coatings*, 2018, vol. 17, pp. 29–34. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300944017304150>.
8. Tailong Zhang, Jianming Gao, Xuan Deng, Yanling Liu, Graft copolymerization of black liquor and sulfonated acetone formaldehyde and research on concrete performance, *Construction and Building Materials*, 2015, vol. 83, pp. 308–313. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061815002937>.
9. Mahmoud A.A.M., Shehab M.S.H., El-Dieb A.S., Concrete mixtures incorporating synthesized sulfonated acetophenone–formaldehyde resin as superplasticizer, *Cement and Concrete Composites*, 2010, vol. 32, i. 5, pp. 392–397. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946510000326>.
2. Moskvin V.M. *Korroziya betona v agressivnyh sredah* [Corrosion of concrete in aggressive environments]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1971. 223 p.
3. Moskvin V.M. *Korroziya betona i zhelezobetona, metody ih zashchity* [Corrosion of concrete and reinforced concrete, methods for their protection]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1980. 536 p.
4. Jinfeng Chi, Guoliang Zhang, Qingyi Xie, Chunfeng Ma, Guangzhao Zhang, High performance epoxy coating with cross-linkable solvent via Diels-Alder reaction for anti-corrosion of concrete. *Progress in Organic Coatings*, 2020, vol. 139. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300944019313165>
5. Qian Hui Xiao, Qiang Li, Zhi Yuan Cao, Wei Yu Tian, The deterioration law of recycled concrete under the combined effects of freeze-thaw and sulfate attack. *Construction and Building Materials*, 2019, vol. 200, pp. 344–355. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061818330460>
6. Changlin Zhou, Zheming Zhu, Aijun Zhu, Lei Zhou, Yong Fan, Lin Lang, Deterioration of mode II fracture toughness, compressive strength and elastic modulus of concrete under the environment of acid rain and cyclic wetting-drying. *Construction and Building Materials*, 2019, vol. 228. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061819322391>
7. Guoliang Zhang, Qingyi Xie, Chunfeng Ma, Guangzhao Zhang, Permeable epoxy coating with reactive solvent for anticorrosion of concrete. *Progress in Organic Coatings*, 2018, vol. 17, pp. 29–34. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300944017304150>
8. Tailong Zhang, Jianming Gao, Xuan Deng, Yanling Liu, Graft copolymerization of black liquor and sulfonated acetone formaldehyde and research on concrete performance. *Construction and Building Materials*, 2015, vol. 83, pp. 308–313. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061815002937>
9. Mahmoud A.A.M., Shehab M.S.H., El-Dieb A.S., Concrete mixtures incorporating synthesized sulfonated acetophenone–formaldehyde resin as superplasticizer. *Cement and Concrete Composites*, 2010, vol. 32, i. 5, pp. 392–397. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946510000326>

REFERENCES

1. Kondrat'eva N.V. Analysis of the reasons for the destruction of concrete of reinforced concrete supporting structures of the granulation tower No. 2 of Togliattiazot OJSC. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Sbornik statej* [Traditions and innovations in construction and architecture. Collection of articles]. Samara, Samara State University of Architecture and Civil Engineering Publ., 2017. pp. 70–73. (in Russian)

Об авторах:

КОНДРАТЬЕВА Надежда Владимировна

кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: samstroyisp@gmail.com

KONDRATYEVA Nadezhda V.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Building Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: samstroyisp@gmail.com

АЛФИМЕНКОВА Александра Юрьевна

магистрант кафедры строительных конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: alfimenkova.ay@samgtu.ru

ALFIMENKOVA Alexandra Yu.

Master's Degree Student of the Building Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: alfimenkova.ay@samgtu.ru

Для цитирования: Кондратьева Н.В., Алфименкова А.Ю. Исследование способов повышения коррозионной стойкости железобетонных конструкций // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 16–23. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.3.

For citation: Kondratyeva N.V., Alfimenkova A.Yu. Research of ways to increase corrosion resistance in reinforced concrete constructions. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 16–23. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.3.

Уважаемые читатели!

Испытательный центр «Самарастройиспытания» приглашает к сотрудничеству.

Основные направления деятельности Центра:

- проведение сертификационных испытаний строительной продукции в соответствии с закрепленной областью аккредитации
- испытание экспериментальных образцов строительной продукции
- испытание опытных образцов при постановке промышленной продукции на производство
- испытание зданий и сооружений в процессе приемки и эксплуатации
- испытание серийно выпускаемой продукции
- периодические испытания образцов, взятых в торговле
- контроль качества строительной продукции
- периодическая проверка состояния производства
- обследование зданий и сооружений
- выполнение судебных экспертиз в области строительства
- анализ состояния производства продукции
- разработка технических условий
- проведение аттестаций испытательных строительных лабораторий
- испытания по признанию иностранных сертификатов соответствия
- совершенствование методик испытаний
- освоение и внедрение новых стандартных методов испытаний
- организация повышения квалификации и аттестации сотрудников строительных предприятий и организаций
- участие в разработке нормативных документов

Руководитель *Зубков Владимир Александрович*

Контакты:

443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, корпус 12 (АСА СамГТУ), каб. 315
тел./факс (846) 242-50-87, 242-32-84
E-mail: samstroyisp@gmail.com

А. А. ПИЩУЛЁВ
Д. А. ПАНФИЛОВ
Ю. В. ЖИЛЬЦОВ
Я. А. БУЗОВСКАЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОСТНАПРЯГАЕМЫХ КАНАТОВ

**RESEARCH OF THE WORK OF REINFORCED CONCRETE BENDED ELEMENTS WITH
THE USE OF POST-TENSIONED ROPES**

Рассмотрено исследование натуральных образцов изгибаемых железобетонных балок с применением напрягаемых канатов в синтетической оболочке с заполнением смазкой. Целью исследований является испытание железобетонных балок с применением постнапрягаемых канатов для оценки несущей способности и жесткости. Приведены экспериментальные результаты исследований на изгибаемых образцах с натяжением канатов и без канатов. Исследование на натуральных образцах выявило ряд особенностей работы изгибаемых балок с постнапрягаемым канатом. Применение постнапрягаемого каната без сцепления с бетоном позволяет более равномерно распределить развитие нормальных трещин и уменьшить ширину раскрытия трещин. Предварительное напряжение канатной арматуры повышает несущую способность зоны поперечного изгиба.

Ключевые слова: изгибаемые элементы, нормальное сечение, зона поперечного изгиба, предварительное натяжение арматуры, постнапрягаемые канаты

Использование предварительного напряжения армирования в железобетонных конструкциях позволяет снизить расход стали за счет применения высокопрочной арматуры и повысить жесткость конструкции, исключить или уменьшить ширину раскрытия трещин, увеличить пролеты, повысить несущую способность наклонного сечения изгибаемых элементов [1 – 4].

Основными способами натяжения предварительно напрягаемой арматуры является натяжение на упоры и на бетон. Метод предварительного натяжения на упоры в основном используется в заводских условиях с последующим применением прогрева или пропарки бетона. Метод натяжения предварительно напрягаемой арматуры с натяжением на бетон используется непосредственно на строительной площадке после набора расчетной прочности.

The study of full-scale samples of bent reinforced concrete beams using tensioned ropes in a synthetic shell filled with grease is considered in the article. The purpose of the research is to test reinforced concrete beams using post-tensioned ropes to assess the load-bearing capacity and stiffness. Experimental results of studies on bent samples with rope tension and without ropes are presented. The study on full-scale samples revealed a number of features of the work of bent beams with post-tensioned ropes. The use of a post-tensioned rope without coupling with concrete allows for a more evenly distributed development of normal cracks and reduces the width of the crack opening. Pre-tension cable reinforcement increases the load carrying capacity of the area of the transverse bend.

Keywords: bending elements, normal cross-section, cross-bending zone, pre-tensioning of reinforcement, post-tensioning ropes

Метод натяжения предварительно напрягаемой арматуры на бетон разделяется на два вида:

1) с применением напрягаемого каната без оболочки, который протягивается через каналобразователь и после натяжения канал инъецируется, обеспечивая сцепление по длине с бетоном;

2) с применением напрягаемого каната с полиэтиленовой оболочкой, заполненной смазкой, который устанавливается до бетонирования; натяжение осуществляется на бетон с крепежом по торцам анкерами, при этом сцепление каната с бетоном по длине не обеспечивается [4 – 10].

Применение канатной арматуры с полиэтиленовой оболочкой получило широкое распространение за границей (prEN 1992-1-1-2009 Eurocode 2, ACI 318+08: Building Code

Requirements for Structural Concrete. American Concrete Institute, 2008). В Европе и США с применением каната в оболочке возведено большое количество зданий и сооружений. В Российской Федерации использование каната с оболочкой имеет малое распространение.

Применение канатной арматуры с оболочкой имеет преимущество над обычным, заключающееся в простоте установки каната без каналобразователя сложной формы с последующим его натяжением. Рекомендации по расчету предварительно напрягаемых конструкций содержатся в СП 63.13330.2012, СП 52-102-2004, но они недостаточны для применения к расчету канатной арматуры без обеспечения сцепления с бетоном.

Применение арматурных канатов в оболочке с постнапряжением в железобетонных конструкциях сложно в конструктивном решении, так как необходимо учитывать большое количество факторов на этапе проектирования, требующих проведения исследований.

Целью исследования является изучение работы стальных напрягаемых канатов с полиэтиленовой оболочкой в железобетонных балках без обеспечения сцепления с бетоном.

Задачи исследования – определение разрушающей нагрузки экспериментальных образцов, определение момента образования

и ширины раскрытия трещин, прогибов балок, изучение напряженно деформированного состояния изгибаемых образцов, анализ и сопоставление полученных результатов испытаний.

Образцы представляли собой железобетонные балки, изготовленные из монолитного бетона. Габаритные размеры образцов: длина 3,9 м, высота 400 мм, ширина 200 мм. Бетон опытных образцов на момент проведения испытаний соответствовал классу В25. Армирование образцов осуществлялось арматурой класса А500С. В качестве напрягаемой арматуры использовался стальной канат К7 диаметром 15 мм, установленный до бетонирования по параболической кривой.

Армирование образца производилось в соответствии с рис. 1: продольное армирование по верхней грани 2 Ø12 А-500С, защитный слой 40 мм; продольное армирование по нижней грани 2 Ø12 А-500С, защитный слой 50 мм; продольное армирование по нижней грани 1 Ø16 А-500С, защитный слой 50 мм в балке без каната, в балке с канатной арматурой 1 Ø15 К-7; поперечное армирование Ø 8 А240 с шагом 100 мм.

Анкеровка ненапрягаемой арматуры на опоре обеспечивалась приваркой к закладной детали из листа 150×200×10 мм. На опорных участках устанавливался стальной лист 80×200×10 мм.

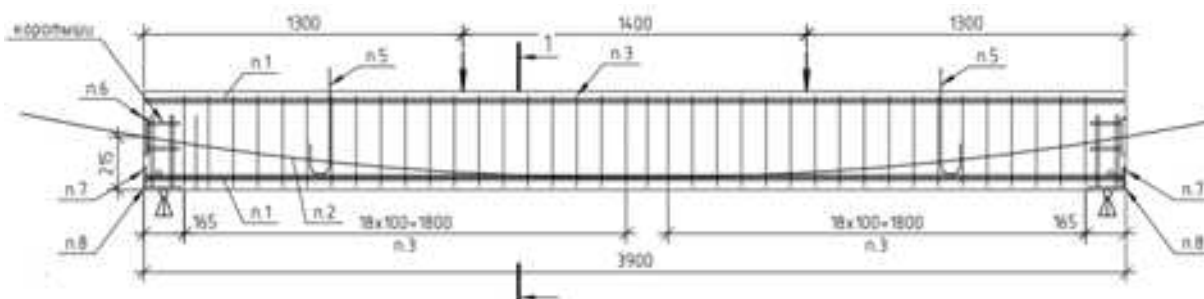


Рис. 1. Армирование опытного образца

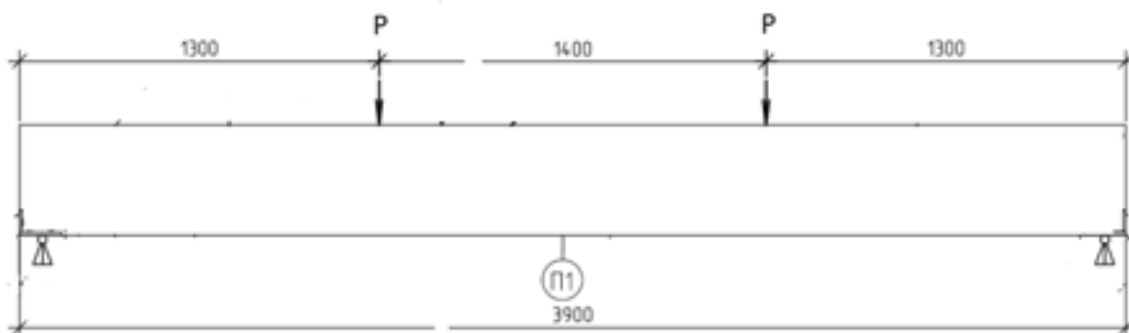


Рис. 2. Расчетная схема опытного образца

При достижении прочности бетона проектного класса производилось натяжение каната на бетон с анкерровкой на торцах образца анкерными устройствами.

Расчетная схема опытного образца представлена на рис. 2. Загружение предусматривалось двумя сосредоточенными силами с пролетом среза образца 1200 мм.

Испытание производилось на силовом полу, нагрузка прикладывалась двумя домкратами ДГ-25, подключенными к гидравлической станции. Нагрузка фиксировалась образцовым манометром.

Для исследования напряженно-деформированного состояния на бетонную поверхность по высоте сечения в пролете были наклеены тензометрические датчики, показания с которых фиксировались тензометрической станцией ТК-52. Прогиб образца фиксировался по показаниям прогибомера Аистова 6-ПАО, установленного в середине пролета.

Натяжение стального каната на бетон осуществлялось гидравлическим домкратом. Предварительное усилие натяжения составляло 0,8 кН от нормативного сопротивления, что соответствует усилию, равному 96 кН. После натяжения каната на бетон образец получил обратный выгиб, равный 0,6 мм. Опытный образец при создании натяжения каната представлен на рис. 3.

Результаты экспериментальных исследований образца с напрягаемой арматурой. Нагружение образца осуществлялось ступенями по 16,4 кН. На каждой ступени фиксировались показания прогибомера, образование трещин и их ширина раскрытия, измерялись деформации по тензорезистарам.

Первые нормальные трещины в образце были зафиксированы на 4-й ступени нагружения, нагрузка составляла $P=67$ кН, ширина раскрытия при этом была равна 0,05 мм, прогиб образца – 3,19 мм. На 5-й ступени при нагрузке $P=84$ кН ширина раскрытия нормальной трещины

составила 0,1 мм, прогиб – 6,24 мм. На 7-й ступени при нагрузке $P=116$ кН ширина раскрытия нормальных трещин составила 0,25 мм, прогиб – 13,59 мм. Разрушение образца произошло на 9-й ступени при нагрузке $P=148$ кН, ширина раскрытия трещин при этом превысила 2 мм. Образец разрушился в середине пролета по нормальному сечению с раздроблением сжатой зоны бетона. Характер разрушения образца соответствовал пластическому вследствие значительного поворота железобетонных блоков. Образец разрушился при выдержке под нагрузкой, при этом прогиб образца составил 45,79 мм. Разрушение образца представлено на рис. 4.

По полученным результатам испытания образца для изучения напряженно-деформированного состояния бетона в нормальном сечении построены графики распределения деформаций в бетоне по высоте сечения (рис. 5, 6) и график прогибов в середине пролета от нагрузки (рис. 7).

Результаты экспериментальных исследований образца без напрягаемой арматуры. При нагрузке 24 кН прогиб образца составил 1,74 мм. Образование нормальной трещины произошло при нагрузке $P=33$ кН. Нормальные трещины достигли ширины раскрытия трещин 0,3 мм при нагрузке 67 кН, прогиб при этом составил 6,69 мм. Наклонные трещины образовались в образце при нагрузке 108 кН, прогиб при этом составил 13,38 мм. При нагрузке 140 кН ширина раскрытия нормальной трещины составила 1,5 мм, прогиб – 37,39 мм. Разрушение произошло при нагрузке 148 кН, на момент разрушения прогиб составил 70 мм.

Образец с применением напряженного каната К-7 Ø15 мм по площади сечения сопоставим с арматурным стержнем армирования Ø16 А-500С. В процессе испытания образцов установлено, что при практически одинаковом армировании несущая способность конструкций сопоставима, но образцы обладают различной



Рис. 3. Натяжение каната на бетон опытного образца



Рис. 4. Разрушение опытного образца по нормальному сечению

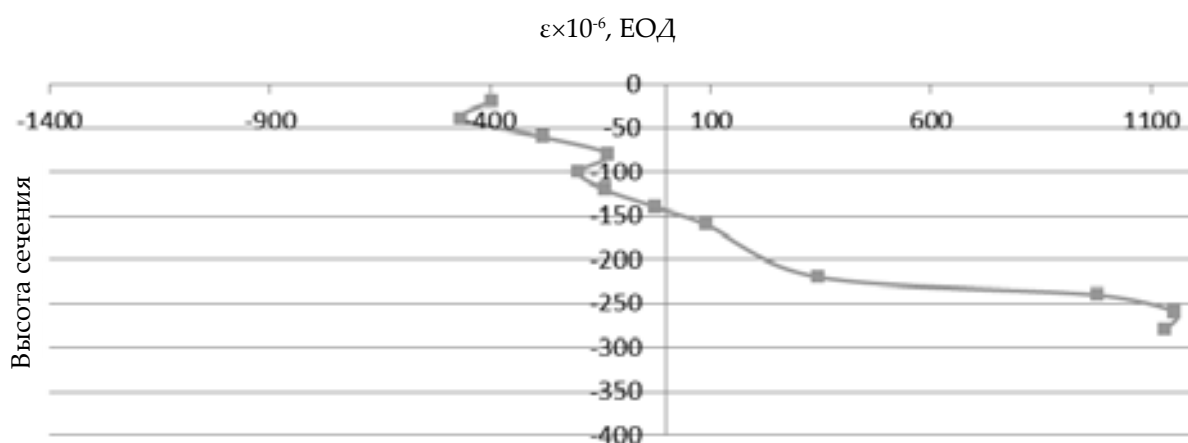


Рис. 5. Деформации в бетоне по высоте сечения при нагрузке 67 кН

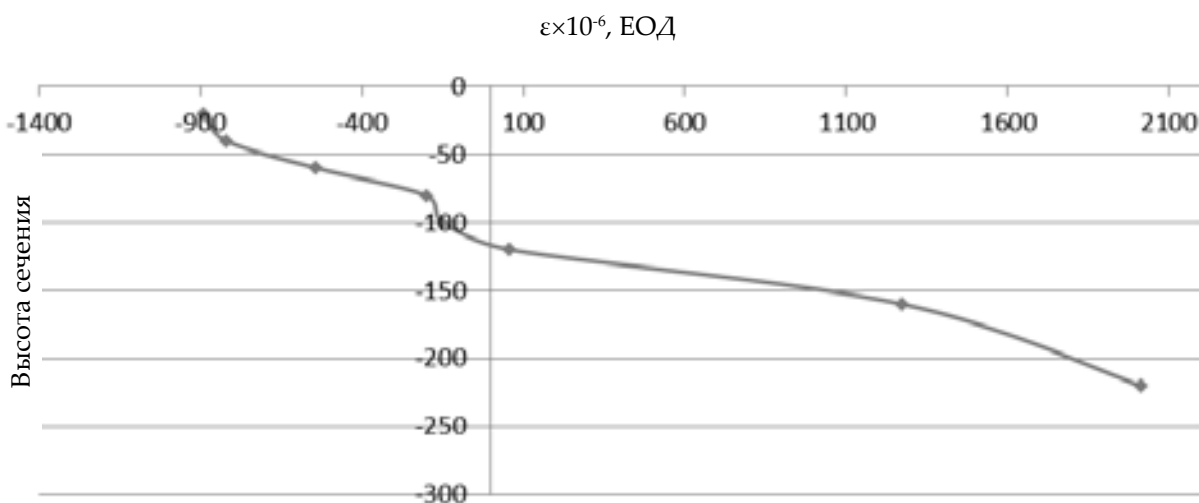


Рис. 6. Деформации в бетоне по высоте сечения при нагрузке 116 кН

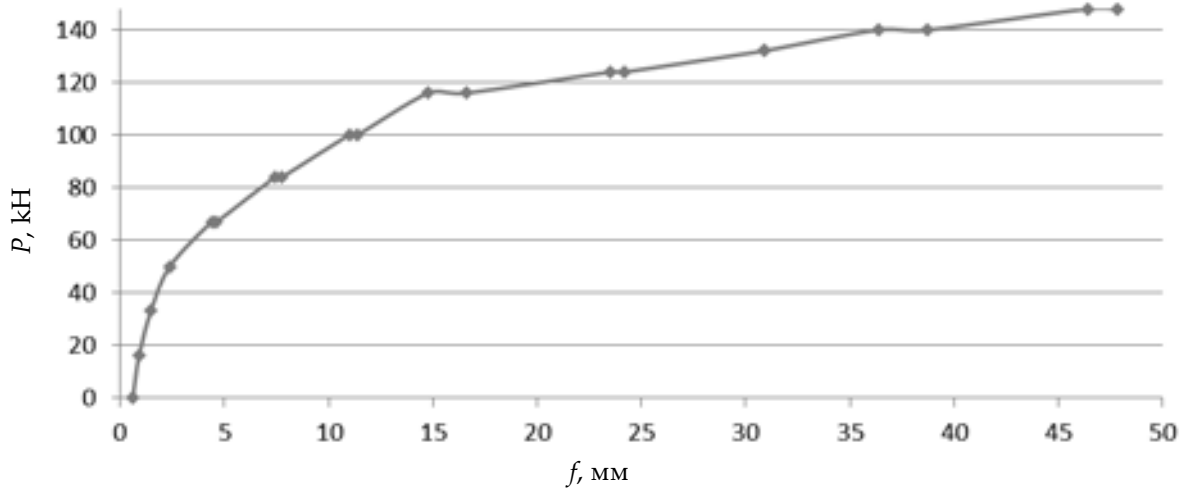


Рис. 7. График зависимости прогиба образца от нагрузки с напрягаемым канатом

трещиностойкостью. Различаются прогибы образцов до образования нормальных трещин и до достижения текучести продольного армирования.

По результатам анализа относительных деформаций установлено, что до образования нормальных трещин наблюдается существенно меньше деформаций бетона в постнапряженном образце. После образования нормальных трещин деформации бетона примерно одинаковы.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие **выводы**:

Напряженный элемент с канатной арматурой, расположенной по параболе, изгибается более равномерно и нормальные трещины образуются не только в зоне чистого изгиба вследствие отсутствия сцепления.

Образец без напряжения показывает классическую картину трещинообразования с образованием нормальных трещин в зоне поперечного изгиба.

Применение напрягаемого армирования в форме параболы повышает несущую способность наклонного сечения, позволяет добиться более равномерного изгиба образца с распределением нормальных трещин по длине пролета.

В образце с предварительно напряженным канатом нормальные трещины распределяются по длине элемента более равномерно, что приводит к снижению концентрации сжимающих деформаций в бетоне над наклонной трещиной.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лихов З.Р. Совершенствование преднапряженных железобетонных стропильных балок и методов их расчета: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. Ростов н/Д, 2004. 157 с.
2. Осипов М.В. Железобетонные балки с переменным преднапряжением вдоль арматурных стержней: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. Ростов н/Д, 2005. 165 с.
3. 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.
4. Тошин Д.С. Работа бетона при усилении конструкции под нагрузкой // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2015. № 3. С. 66–68.
5. Мадатян С.А. Новые технологии и материалы для арматурных работ в монолитном железобетоне // Технологии бетонов. 2006. № 3. С. 52–54.
6. Кишиневская Е.В. Усиление строительных конструкций с использованием постнапряженного железобетона // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 3. С. 29–32.
7. Портаев Д.В. Расчет и конструирование монолитных преднапряженных конструкций гражданских зданий. М.: Издательство АСВ, 2011. 248 с.
8. Panfilov D.A., Pishchulev A.A., Zhiltsov Yu.V. The use of prestressed fiberglass to reinforce concrete bending elements. MATEC Web of Conferences 117, 00132 (2017)
9. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. 416 с.
10. Филатов В.Б. Сравнительная оценка прочности железобетонных элементов при поперечном изгибе по различным методикам // Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия: сборник докладов Международной научной конференции. М.: НИУ МГСУ, 2016. С. 484–488.

REFERENCES

1. Likhov Z.R. *Sovershenstvovaniye prednapryazhennykh zhelezobetonnykh stropil'nykh balok i metodov ikh rascheta*. Cand, Diss. [Perfection of prestressed reinforced concrete rafter beams and methods of their calculation. Cand. Diss.]. Rostov-on-Don, 2004. 157 p.
2. Osipov M.V. *Zhelezobetonnyye balki s peremennym prednapryazheniyem vdol' armaturnykh stержней*. Cand, Diss. [Reinforced concrete beams with variable prestress along reinforcing bars. Cand. Diss.]. Rostov-on-Don, 2005. 165 p.
3. Kodysh E.N., Nikitin I.K., Trekin N.N. *Raschet zhelezobetonnykh konstruktсий iz tyazhelogo betona po prochnosti, treshchinostoykosti i deformatsiyam* [Calculation of reinforced concrete structures made of heavy concrete for strength, crack resistance and deformation]. M.: DIA, 2010. 348 p.
4. Toshin D.S., Anisimova M.P. Search for the optimal way to implement iterative approximation when calculating by the deformation model. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review], 2016, no.17, pp. 25-29. (in Russian)
5. Madatyan S.A. New technologies and materials for reinforcing works in monolithic reinforced concrete. *Tekhnologii betonov* [Concrete Technologie], 2006, no. 3, pp. 52-54. (in Russian)
6. Kishinevskaya Ye.V. Strengthening building structures using post-stressed reinforced concrete. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal* [Engineering and Construction Journal], 2009, no. 3, pp. 29-32. (in Russian)
7. Portaev D.V. *Raschet i konstruirovaniye monolitnykh prednapryazhennykh konstruktсий grazhdanskikh zdaniy* [Calculation and design of monolithic prestressed structures of civil buildings]. M.: DIA Publishing House, 2011. 248 p.
8. Panfilov D.A., Pishchulev A.A., Zhiltsov Yu.V. The use of prestressed fiberglass to reinforce concrete bending elements. MATEC Web of Conferences, 2017, no. 117, 00132.
9. Karpenko N.I. *Obshchiye modeli mekhaniki zhelezobetona* [General models of reinforced concrete mechanics]. M.: Stroyizdat, 1996. 416 p.
10. Filatov V.B. Comparative evaluation of the strength of reinforced concrete elements under trans-

verse bending by various methods. *Sovremennye problemy rascheta zhelezobetonnykh konstrukcij, zdaniy i sooruzhenij na avarijnye vozdejstviya: sbornik докладов Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii* [Modern problems of calculating reinforced concrete structures, buildings and structures for emergency impacts: a collection of reports of the International Scientific Conference]. М.: NIU MGSU, 2016, pp. 484-488. (in Russian)

Об авторах:

ПИЩУЛЁВ Александр Анатольевич

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры строительных конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: pishulev@yandex.ru

ПАНФИЛОВ Денис Александрович

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры строительных конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: panda-w800i@yandex.ru

ЖИЛЬЦОВ Юрий Викторович

старший преподаватель кафедры
строительных конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: zzilz@mail.ru

БУЗОВСКАЯ Яна Александровна

ассистент кафедры строительных конструкций
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: jana69.71.95@mail.ru

PISHCHULEV Alexander A.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the
Building Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: pishulev@yandex.ru

PANFILOV Denis A.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the
Building Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: panda-w800i@yandex.ru

ZHILTSOV Yury V.

Senior Lecturer of the Building Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: zzilz@mail.ru

BUZOVSKAYA Yana A.

Assistant of the Building Structures Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: jana69.71.95@mail.ru

Для цитирования: Пищулёв А.А., Панфилов Д.А., Жильцов Ю.В., Бузовская Я.И. Исследование работы железобетонных изгибаемых элементов с применением постнатягаемых канатов // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 24–29. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.4.

For citation: Pishchulev A.A., Panfilov D.A., Zhiltsov Yu.V., Buzovskaya Ya.A. Research of the work of reinforced concrete bended elements with the use of post-tensioned ropes. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 24–29. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.4.



Ю. С. ВЫТЧИКОВ
М. Е. САПАРЁВ
А. Б. КОСТУГАНОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНФИЛЬТРАЦИИ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА НА ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАРУЖНЫХ СТЕН ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

INVESTIGATION THE EFFECT OF OUTDOOR AIR INFILTRATION
ON THE HEAT-SHIELDING CHARACTERISTICS THE OUTER WALLS
OF HIGH-RISE BUILDINGS

Рассмотрено влияние инфильтрирующегося наружного воздуха на теплозащитные характеристики наружных стен современных жилых и общественных зданий. Проведенный обзор источников, посвященных данной проблеме, подтвердил ее актуальность в настоящее время, особенно для высотных зданий. Авторами статьи проведен анализ влияния продольной и поперечной инфильтрации воздуха на теплозащитные характеристики наружной стены 25-этажного здания, построенного в г. Самаре. Результаты расчета показали значительное снижение приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены при инфильтрации воздуха через нее. Для подтверждения расчетных данных приводятся результаты натурного исследования наружных стен. На основе результатов исследования даются общие рекомендации по внутренней отделке наружных стен высотных зданий.

Ключевые слова: инфильтрация, воздухопроницаемость, наружная стена, сопротивление теплопередаче

The influence of infiltrating outdoor air on the thermal protection characteristics of the exterior walls of modern residential and public buildings is considered. The review of sources devoted to this problem confirmed its relevance at the present time, especially for high-rise buildings. The authors of the article analyzed the influence of longitudinal and transverse air infiltration on the thermal protection characteristics of the outer wall of a 25-storey building built in Samara. The results of the calculation showed a significant decrease in the reduced resistance to heat transfer of the outer wall when air infiltrates through it. To confirm the calculated data, the results of a full-scale study of external walls are presented. Based on the results of the study, general recommendations are given for the interior decoration of the exterior walls of high-rise buildings.

Keywords: infiltration, breathability, external wall, resistance to heat transfer

В настоящее время в связи с реализацией в Российской Федерации программы энергосбережения в строительстве произошли существенные изменения в конструктивных решениях наружных стен высотных зданий. В практике строительства многоэтажных зданий наибольшее распространение получили конструкции наружных стен, представленные на рис. 1.

Однако, как показали результаты исследования, приведенного в работе [1], применение

наружного утепления кирпичных стен зданий, эксплуатируемых в условиях переменного теплового режима, характерного для загородных коттеджей, нецелесообразно из-за высокой инертности кирпичной кладки.

Толщина теплоизоляционного материала или кладки из легкобетонных камней определяется исходя из обеспечения нормативных требований по теплозащите зданий, руководствуясь СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

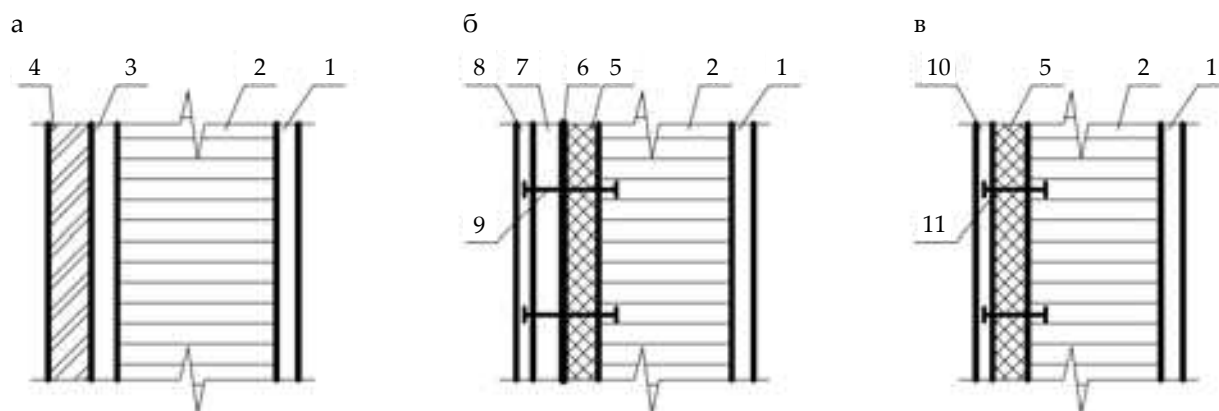


Рис. 1. Конструктивные решения наружных стен высотных зданий:

а – наружная стена, выполненная в виде кладки из легкобетонных камней;

б – наружная стена с вентилируемым фасадом;

в – наружная стена, утепленная фасадной системой с тонкостенной штукатуркой:

1 – внутренняя штукатурка; 2 – кладка из легкобетонных камней на цементно-песчаном или теплом растворе; 3 – невентилируемая воздушная прослойка; 4 – облицовочный керамический кирпич; 5 – теплоизоляционный материал; 6 – ветрозащитная мембрана; 7 – вентилируемая воздушная прослойка; 8 – декоративная панель; 9 – металлический кронштейн; 10 – фактурный слой фасадной системы; 11 – пластмассовый дюбель

Вопросам, связанным с исследованием влияния продольной инфильтрации воздуха на теплозащитные характеристики наружных стен с вентфасадами, посвящены работы В.Г. Гагарина, В.В. Козлова, А.В. Садчикова [1–4], Ю.С. Выгчикова [5–8], М.Р. Петриченко [9]. Результаты исследования воздухопроницаемости материалов и ограждающих конструкций представлены в работах [10–18].

Целью данного исследования является изучение влияния инфильтрации наружного воздуха на теплозащитные характеристики наружных стен современных высотных зданий.

Оценка влияния поперечной фильтрации наружного воздуха на сопротивление теплопередаче наружной стены 25-этажного здания выполнена для конструкции, представленной на рис. 1, б.

Величина коэффициента теплопередачи наружной стены с учетом инфильтрации наружного воздуха с учетом инфильтрации определяется согласно [6, 19] по формуле

$$k = \frac{c_p \cdot G \cdot e^{c_p \cdot G \cdot R_0^{ysl.}}}{e^{c_p \cdot G \cdot R_0^{исл.}} - 1}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}), \quad (1)$$

где c_p – удельная изобарная теплоемкость воздуха, Дж/(кг·°C); G – воздухопроницаемость наружной стены, кг/(м²·ч); $R_0^{ysl.}$ – сопротивление теплопередаче глди наружной стены, (м²·°C)/Вт.

Согласно СП 50.13330.2012 воздухопроницаемость наружной стены определена по формуле

$$G = \frac{\Delta P}{R_u}, \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}), \quad (2)$$

где $R_u = \sum_{i=1}^n R_{ui}$ – сопротивление воздухопроницанию наружной стены, (м²·ч·Па)/кг; R_{ui} – сопротивление воздухопроницанию i -го слоя наружной стены, (м²·ч·Па)/кг.

Для определения воздухопроницаемости наружной стены необходимо иметь информацию по коэффициентам воздухопроницаемости используемых материалов, определяемых справочно из нормативной литературы.

В настоящее время отсутствует информация по воздухопроницаемости фасадных систем с использованием тонкостенной штукатурки. Поэтому в аккредитованной лаборатории теплотехнических испытаний АСИ СамГТУ были проведены испытания воздухопроницаемости наиболее распространенных теплоизоляционных материалов на аэродинамическом стенде, разработанном сотрудниками лаборатории. Результаты исследований представлены в работах [6–11].

Проведенные испытания фактурных слоев фасадных систем на акриловой и силикатной основах не выявили их воздухопроницаемости из-за наличия в них клеевых составов. Поэтому наружные стены, утепленные фасадными системами с тонкостенной штукатуркой, практически непроницаемы.

Кроме испытаний по определению воздухопроницаемости строительных материалов, сотрудниками АСИ СамГТУ было проведено тепловизионное обследование теплозащитных характеристик наружных стен с вентилируемыми фасадами 25-этажного здания, построенного в г. Самаре.

Определение теплотехнических показателей строительных ограждающих конструкций производилось в соответствии с требованиями ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».

Оценим влияние штукатурных слоев на сопротивление воздухопроницаемости наружных стен с вентилируемыми фасадами, а также защищенными облицовочным кирпичом.

В качестве примера рассмотрим 25-этажное здание с теплым чердаком, построенное в г. Самаре. Наружные стены выполнены в виде кладки из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной 380 мм. С наружной стороны они утеплены базальтовыми плитами марки ВЕНТИ-БАТТС толщиной 150 мм, защищенными ветрозащитной мембраной типа Изоспан А и вентилируемым фасадом из керамогранитных плит.

В качестве возможных к применению штукатурок рассмотрим цементно-песчаный и известково-песчаный растворы, а также сухие штукатурки в виде листов из гипсокартона. Согласно СП 50.13330.2012 указанные выше штукатурки имеют величины сопротивления воздухопроницаемости, указанные в табл. 1.

Расположение указанных выше материалов в наружной стене представлено на рис. 1, б. Сопротивление теплопередаче глади наружной стены, рассчитанное по методике, изложенной в СП 50.13330.2012, составило $R_0^{усл.} = 4,34$ (м²·°С)/Вт, приведенное сопротивление теплопередаче $R_0^{мп.} = 3,47$ (м²·°С)/Вт, что соответствует нормативным требованиям для жилых зданий, строящихся на территории Самарской области ($R_0^{мп.} = 3,47$ (м²·°С)/Вт).

Оценку поперечной инфильтрации воздуха на сопротивление теплопередаче нештукатуренной наружной стены выполним с использованием формул (1) и (2). Результаты расчета представлены в табл. 2.

$$\delta_2^{\min} = \lambda_2 \left(\frac{t_{e1} - t_n}{r \cdot \alpha_e \cdot \Delta t_n} - \frac{1}{\alpha_e} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_3}{\lambda_3} - \frac{1}{\alpha_n} \right), \text{ м.} \quad (3)$$

Анализ влияния продольной инфильтрации на значение приведенного сопротивления теплопередаче рассматриваемой наружной стены, выполненной по методике, изложенной в работе [1], показал, что для плит из базальтового волокна плотностью от 80 до 90 кг/м³ коэффициент теплотехнического влияния продольной инфильтрации близок к 1 из-за достаточно высокой плотности.

Из представленных в табл. 2 результатов расчетов следует, что при сдаче наружных стен без внутренней отделки, что делается довольно часто, теплозащитные характеристики ($R_0^{усл.}$)_{шт} и R_u значительно не соответствуют нормативным требованиям. При этом наибольшее несоответствие наблюдается на нижних этажах.

Наряду с расчетными данными негативное влияние инфильтрации на теплозащитные характеристики ограждающих конструкций подтверждают результаты натурных обследований наружных стен высотных зданий. На рис. 2 представлена термограмма внутренней поверхности наружной стены, полученная по результатам тепловизионного обследования ограждающих конструкций жилой квартиры, расположенной на пятом этаже 25-этажного жилого дома. Внутренняя отделка наружных стен была выполнена гипсовым раствором, не обладающим необходимым сопротивлением воздухопроницанию.

Тепловизионная съемка внутренних поверхностей ограждающих конструкций выявила зоны пониженных температур в нижней части наружной стены. При этом также фиксировались не соответствующие нормативным требованиям пониженные температуры внутреннего воздуха.

Для того чтобы наружная стена жилого здания соответствовала нормативным требованиям, необходимо ее внутреннюю поверхность оштукатуривать.

Выводы. 1. Анализируя расчетные данные, можно сделать вывод, что использование цементно-песчаного раствора в качестве отделочного слоя позволяет достичь нормативных зна-

Таблица 1

Теплозащитные характеристики отделочных материалов

Наименование отделочного материала	Плотность в сухом состоянии ρ_0 , кг/м ³	Толщина слоя, м	Сопротивление воздухопроницанию R_u , (м ² ·ч·Па)/кг
Цементно-песчаный раствор	1800	0,02	497
Известково-песчаный раствор	1600	0,02	189
Листы гипсовые (сухая штукатурка)	800	0,0125	25

Таблица 2

Результаты расчета сопротивления
воздухопроницанию высотного здания с вентфасадом

Номер этажа	Н, м	ΔP , Па	G, кг/м ² ·ч	k, Вт/м ² ·°C	Сопротивление теплопередаче при воздействии инфильтрации ($R_{0}^{уча}$) _{ум} , (м ² ·°C)/Вт	Сопротивление воздухопроницанию, (м ² ·ч·Па)/кг		Разность $R_u^{мп} - R_u$, (м ² ·ч·Па)/кг
						требуемое $R_u^{мп}$	фактическое R_u	
1	79	119	4,96	1,380	0,720	238,0	24	214,0
3	73	110,9	4,62	1,290	0,780	221,8	24	198,0
5	67	102,8	4,28	1,197	0,835	205,6	24	181,6
7	61	94,7	3,95	1,107	0,903	189,4	24	165,0
9	55	86,6	3,81	1,020	0,980	173,2	24	149,0
12	46	74,5	3,10	0,880	1,140	149,0	24	125,0
15	37	62,3	2,60	0,760	1,320	124,6	24	101,0
20	22	42,1	1,75	0,553	1,810	84,2	24	60,0
25	7	21,9	0,91	0,378	2,650	43,8	24	19,8

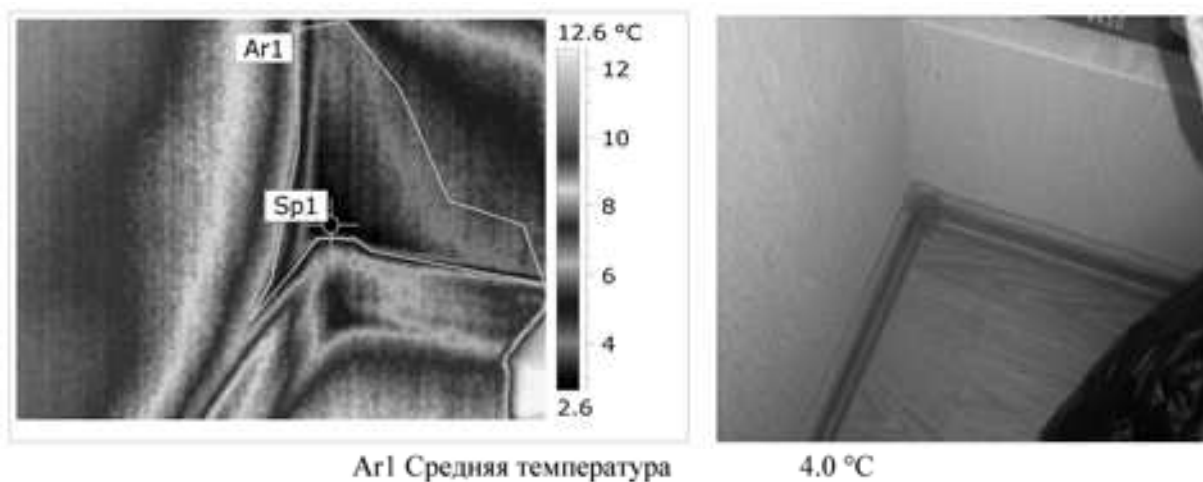


Рис. 2. Термограмма внутренней поверхности наружной стены

чений сопротивления теплопередаче на всех этажах. Известково-песчаный раствор можно рекомендовать к применению на верхних этажах, начиная с пятого.

2. Листы из гипсокартона ввиду малого значения сопротивления воздухопроницанию не следует применять в зданиях с вентилируемым фасадом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Садчиков А.В. О влиянии продольной фильтрации воздуха на теплозащиту стен с вентилируемым фасадом // Стройпрофиль. 2005. № 6. С. 34–35.

2. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Садчиков А.В., Мехнецов И.А. Продольная фильтрация воздуха в современных ограждающих конструкциях // АВОК. 2005. № 8. С. 66–70.

3. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Садчиков А.В. Учет продольной инфильтрации воздуха при оценке теплозащиты стены с вентилируемым фасадом // Промышленное и гражданское строительство. 2005. № 6. С. 42–45.

4. Гагарин В.Г., Гувернюк С.В., Кубенин А.С., Пастушков П.П., Козлов В.В. К методике расчета влияния ветровых воздействий на воздушный режим зданий // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2016. № 4. С. 234–240.

5. Вытчиков Ю.С., Вытчиков А.Ю. Исследование влияния продольной и поперечной инфильтрации

воздуха на теплозащитные характеристики наружных стен производственного здания, утепленного вентилируемым фасадом // Повышение энергоэффективности зданий и сооружений. Самара, 2008. № 3. С. 20–26.

6. Выходчиков Ю.С., Черенева А.В. Экспериментальное исследование воздухопроницаемости беспесчаного керамзитобетона // Строительные материалы. 2011. № 7. С. 10–11.

7. Выходчиков Ю.С., Сидорова А.В. Организация воздухообмена в современных энергоэффективных зданиях // Градостроительство и архитектура. 2013. № 4. С. 87–94. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.04.15.

8. Выходчиков Ю.С., Сидорова А.В. Экспериментальное исследование ограждающих конструкций в натурных условиях // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 71-й Всероссийской научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2014. С. 284–286.

9. Петриченко М.Р., Петроченко М.В. Гидравлика свободноконвективных течений в ограждающих конструкциях с воздушным зазором // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 8. С. 51–56.

10. Коренькова С.Ф., Сидоренко Ю.В. Ненаполненные пенобетоны // Научное обозрение. 2014. № 4. С. 106–107.

11. Першина А.С., Коренькова С.Ф. Важнейшие компоненты фасадных композиций // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 69-й Всероссийской научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2012. С. 166–167.

12. Першина А.С., Коренькова С.Ф. Декоративные нанонаполненные цементно-полимерные композиции для отделки фасадов // Нанотехнологии в строительстве. 2011. № 4. С. 36–46.

13. Умнякова Н.П., Верховский А.А. Оценка воздухопроницаемости ограждающих конструкций здания // АВОК. 2011. № 5. С. 48–53.

14. Умнякова Н.П. Теплозащитные свойства эксплуатируемых навесных вентилируемых фасадных конструкций // Жилищное строительство. 2011. № 2. С. 2–6.

15. Умняков П.Н. Влияние инфильтрации и эксфильтрации на теплозащиту ограждающих конструкций при учете пористости материалов // Жилищное строительство. 2014. № 10. С. 46–50.

16. Мальцев А.В., Сорокин Д.С. Энергосбережение в многоэтажных жилых зданиях при инфильтрации воздуха через наружную стену // Новый университет. 2015. № 3–4. С. 87–90.

17. Валов В.М. Воздухопроницаемые ограждающие конструкции в системе здания // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2011. № 19. С. 33–37.

18. Шубин И.Л., Ананьев А.И. Теплозащитные свойства и воздухопроницаемость керамических блоков Изотерекс в кладке стены // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 3. С. 57–59.

19. Разумов Н.Н., Ушков Ф.В., Шаповалов И.С. Сопротивление теплопередаче и расчетные зимние температуры для проектирования отопления // АВОК. 2011. № 5. С. 78–81.

REFERENCES

1. Gagarin V.G., Kozlov V.V., Sadchikov A.V. About the effect of longitudinal air filtration on the heat protection of walls with a ventilated façade. *Strojprofil'* [Stroy-profile], 2005, no.6, pp. 34-35. (in Russian)

2. Gagarin V.G., Kozlov V.V., Sadchikov A.V., Mehtetsov I.A. Longitudinal air filtration in modern enclosing structures. *AVOK* [AVOK], 2005, no. 8, pp. 66-70. (in Russian)

3. Gagarin V.G., Kozlov V.V., Sadchikov A.V. Accounting of longitudinal infiltration of air at assessing the thermal wall protection of with a ventilated facade. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2005, no. 6, pp. 42-45. (in Russian)

4. Gagarin V.G., Gouvernyuk S.V., Kubenin A.S., Pastushkov P.P., Kozlov V.V. To the methodology for calculating the influence of wind impact on the air conditions of buildings. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti* [News of Higher Educational Institutions. The textile industry technology], 2016, no. 4, pp. 234-240. (in Russian)

5. Vychtikov Yu.S., Vychtikov A.Yu. Investigation of the effect of longitudinal and transverse air infiltration on the heat-shielding characteristics the external walls of a production building insulated with a ventilated façade. *Povyshenie jenergojefektivnosti zdaniy i sooruzhenij* [Improving the Energy Efficiency of Buildings and Structures], Samara, 2008, no. 3, pp. 20-26. (in Russian)

6. Vytchikov Yu.S., Cherenева A.V. An experimental study of air permeability of sandless claydite-concrete. *Stroitel'nye materialy* [Building Materials], 2011, no. 7, pp. 10-11. (in Russian)

7. Vytchikov Yu.S., Sidorova A.V. The organization of air exchange in modern energy-efficient buildings. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Uran Construction and Architecture], Samara, 2014, no. 4, pp. 87-94. (in Russian)

8. Vytchikov Yu.S., Sidorova A.V. Experimental study of enclosing structures in full-scale conditions. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture: materialy 71-j Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii po itogam NIR 2013 goda* [Traditions and innovations in construction and architecture: materials of the 71st All-Russian Scientific and Technical Conference on the results of research work of 2013], Samara, 2014, pp. 284-286. (in Russian)

9. Petrichenko M.R., Petrochenko M.V. Hydraulics of free convection currents in enclosing structures with an air gap. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal* [Engineering and Construction Journal], 2011, no. 8, pp. 51-56. (in Russian)

10. Korenkova S.F., Sidorenko Yu.V. Unfilled foam concrete. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review], 2014, no. 4, pp. 106-107. (in Russian)

11. Pershina A.S., Korenkova S.F. The most important components of facade compositions. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture: materialy 71-j Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii po itogam NIR 2011 god* [Traditions and innovations in construction and architecture: materials of the 69th All-Russian Scientific and Technical Conference on the results of research work in 2011], Samara, 2012, pp. 166-167. (in Russian)

12. Pershina A.S., Korenkova S.F. Decorative nano-filled cement-polymer compositions for finishing facades. *Nanotehnologii v stroitel'stve: nauchnyj internet-zhurnal* [Nanotechnology in Construction: a Scientific Online Journal], 2011, no. 4, pp. 36-46 (in Russian)
13. Umnyakova N.P., Verkhovsky A.A. Estimation of air permeability of the building's enclosing structures. *AVOK* [AVOK], 2013, no. 5, pp. 48-53. (in Russian)
14. Umnyakova N.P. Thermal protection properties of exploited hinged ventilated facade structures. *ZHilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], 2011, no. 2, pp. 2-6. (in Russian)
15. Umnyakov P.N. Infiltration and exfiltration influence on the thermal protection of enclosing structures with considering the porosity of materials. *ZHilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], 2014, no. 10, pp. 46-50. (in Russian)
16. Maltsev A.V., Sorokin D.S. Energy saving in multi-storey residential buildings with air infiltration through the outer wall. *Novyj universitet* [New University], 2015, no. 3-4, pp. 87-90. (in Russian)
17. Valov V.M. Breathable enclosing structures in a building system. *Vestnik Sibirskoj gosudarstvennoj avtomobil'no-dorozhnoj akademii* [Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway Academy], 2011, no. 19, pp. 33-37. (in Russian)
18. Shubin I.L., Ananiev A.I. Thermal protection properties and air permeability of ceramic Isoterex blocks in wall masonry. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2013, no. 3, pp. 57-59. (in Russian)
19. Razumov N.N., Ushkov F.V., Shapovalov I.S. Resistance to heat transfer and winter design temperatures for heating engineering, *AVOK* [AVOK], 2011, no. 5, pp. 78-81. (in Russian)

Об авторах:

ВЫТЧИКОВ Юрий Серафимович

кандидат технических наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: git.2008@mail.ru

САПАРЁВ Михаил Евгеньевич

кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: msx072007@yandex.ru

КОСТУГАНОВ Арман Берекевич

старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и гидромеханики Оренбургский государственный университет 460018, Россия, г. Оренбург, просп. Победы, 13 аспирант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: _kostuganow@mail.ru

ВЫТЧИКОВ Yuri S.

PhD in Engineering Science, Professor of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: git.2008@mail.ru

SAPAREV Mikhail E.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: msx072007@yandex.ru

KOSTUGANOV Arman B.

Senior Lecturer of the Heat and Gaz Supply and Ventilation and Hydromechanics Chair Orenburg State University 460018, Russia, Orenburg, Pobedy av., 13 Postgraduate student of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: _kostuganow@mail.ru

Для цитирования: Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е., Костуганов А.Б. Исследование влияния инфильтрации наружного воздуха на теплозащитные характеристики наружных стен высотных зданий // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 30–35. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.5.

For citation: Vytchikov Yu.S., Saparev M.Ye., Kostuganov A.B.. Investigation the effect of outdoor air infiltration on the heat-shielding characteristics the outer walls of high-rise buildings. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 30–35. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.5.

А. Б. КОСТУГАНОВ**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ
В РЕКУПЕРАТИВНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКАХ УСТАНОВОК
АВТОНОМНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ****RESEARCH OF HEAT DISPOSAL EFFICIENCY
IN RECUPERATIVE HEAT EXCHANGERS OF AUTONOMOUS VENTILATION UNITS**

Проведены натурные испытания рекуперативных теплообменников установок автономной вентиляции новой конструкции с целью определения эффективности утилизации теплоты в них. Установлено, что эффективность утилизации теплоты в таких рекуперативных теплообменниках изменяется в пределах от 40 до 70 % в зависимости от начальных параметров приточного и вытяжного воздуха. Также установлено, что для достижения одного и того же эффекта по утилизации теплоты целесообразно использовать конструкцию теплообменников с гофрированной сеткой, нежели конструкцию с гофрированными пластинами, так как первая конструкция при сопоставимом эффекте утилизации теплоты обеспечивает до полутора раз меньшее аэродинамическое сопротивление. При проведении испытаний произведена апробация новой схемы защиты рекуперативных теплообменников от обмерзания.

Ключевые слова: системы автономной вентиляции, рекуперативные теплообменники, утилизация теплоты вентиляционного воздуха

Введение

В работах [1–3] авторами сформулированы проблемы неудовлетворительного качества внутреннего воздуха помещений и неэффективной работы систем вентиляции гражданских зданий, включая жилые здания. По вопросу обеспечения нормируемого воздухообмена помещений, оборудованных только вытяжной вентиляцией в наружных ограждениях (к таким помещениям относится подавляющее большинство помещений жилых зданий), в пунктах 7.8 СП 50.13330 «Тепловая защита зданий» и 7.1.10 СП 60.13330 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» даётся указание к применению регулируемых приточных устройств. Однако в тексте указанных нормативных документов нет дальнейших разъяснений по вопросу того, какими должны быть данные приточные устройства. В пунктах 7.1.3 и 7.1.10 СП 60.13330 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» указывается,

Full-scale tests of recuperative heat exchangers of autonomous ventilation units of a new design were carried out in order to determine the efficiency of heat recovery in them. As a result of the tests, it was found that the efficiency of heat recovery in such recuperative heat exchangers varies from 40 to 70 %, depending on the initial parameters of the supply and exhaust air. It was also found that in order to achieve the same heat recovery effect, it is advisable to use the construction of heat exchangers with corrugated mesh than the construction with corrugated plates because the first construction with a comparable heat recovery effect provides up to one and a half times lower aerodynamic drag. During the tests was also made an approbation of a new protection scheme for recuperative heat exchangers against freezing.

Keywords: autonomous ventilation systems, recuperative heat exchangers, utilization of the heat of ventilation air

что для помещений, в которых в течение года вентиляцией с естественным побуждением не обеспечиваются параметры микроклимата, следует предусматривать вентиляцию с механическим побуждением. Дополнительно в пункте 7.1.10 того же свода правил указывается, что по заданию на проектирование допускается предусматривать для жилых зданий механическую приточно-вытяжную вентиляцию с применением индивидуальных поквартирных установок или централизованных систем. Дополнительно в пункте 11.1 того же нормативного документа указывается, что требования повышения энергетической эффективности должны соблюдаться при проектировании, экспертизе, строительстве, приёмке и эксплуатации новых, реконструируемых, капитально ремонтируемых отапливаемых жилых зданий и зданий общественного назначения. Далее по тексту того же нормативного документа в пункте 11.3 отмечено, что энергосбережение систем вен-

тиляции следует обеспечивать за счёт выбора высокотехнологичного оборудования, использования энергоэффективных схемных решений и оптимизации управления системами. Далее в этом же пункте указано, что одним из комплексов мероприятий по обеспечению энергосбережения в системах вентиляции является применение приточно-вытяжных вентиляционных систем с механическим побуждением и утилизацией теплоты вытяжного воздуха и индивидуально регулируемым воздухообменом. Кроме этого, в работах [4] и [5] указано и обосновано, что большего результата, по сравнению с усилением тепловой защиты наружных ограждений, в плане сокращения энергетических затрат можно добиться за счёт повышения эффективности систем обеспечения микроклимата, в том числе систем вентиляции. Для многоквартирных жилых домов ранее были разработаны технические рекомендации [6] по организации воздухообмена в квартирах жилых зданий с указанием мероприятий по энергосбережению.

Таким образом, на сегодняшний день существует масштабная научно-техническая проблема обеспечения энергоэффективного воздухообмена в помещениях гражданских зданий и в первую очередь в помещениях жилых зданий. Решение данной проблемы для жилых зданий должно быть дифференцировано: для многоквартирных жилых домов следует разрабатывать централизованные вентиляционные системы, а для малоэтажных и частных жилых домов предусматривать индивидуальные приточно-вытяжные вентиляционные установки. В обоих случаях предлагаемые технические решения должны отвечать современным требованиям энергоэффективности.

Автором настоящей работы при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, а также при научно-технической поддержке коллектива коллег на протяжении нескольких лет проводятся теоретические и экспериментальные исследования, направленные на разработку автономных приточно-вытяжных вентиляционных установок для помещений жилых зданий. В первую очередь разрабатываемые приточно-вытяжные вентиляционные установки нацелены на использование в помещениях малоэтажных и частных жилых домов. Предшествующие этапы исследований, включающие постановку целей и задач исследования, требования к разрабатываемым вентиляционным установкам, результаты проектирования новых установок и результаты натурных испытаний существующих на рынке подобных вентиляционных установок опубли-

кованы автором ранее, в том числе совместно с коллегами, в работах [7–11]. В настоящей работе автор приводит результаты натурных испытаний новых конструкций приточно-вытяжных вентиляционных установок, в том числе защищённых патентами. Натурные испытания проводились в период с декабря 2018 по февраль 2019 гг.

Материалы и методы исследования

Теоретические предпосылки и результаты теоретических исследований приведены в ранее опубликованных работах [7–11]. Базой для теоретической части данного этапа исследований послужили источники [12–21]. Ниже приводятся только основные расчётные формулы и определения, необходимые для понимания и объяснения результатов экспериментального исследования рекуперативных теплообменников.

Требуемая площадь поверхности теплообменника вычислялась по формуле

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}}, \quad (1)$$

где Q – количество теплоты, передаваемое в рекуперативном теплообменнике приточному воздуху, Вт; k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·°C); Δt_{cp} – средняя логарифмическая разность температур, °C.

Количество теплоты, передаваемое в рекуперативном теплообменнике приточному воздуху, определялось по формуле

$$Q = c_p \cdot G_{np} \cdot (t_{np2} - t_{np1}), \quad (2)$$

где c_p – массовая теплоёмкость воздуха, Дж/(кг·°C); G_{np} – массовый расход приточного воздуха, кг/с; t_{np1} , t_{np2} – температуры приточного воздуха на входе в теплообменник и на выходе из него соответственно, °C.

Коэффициент теплопередачи рассчитывался по формуле

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{y\delta}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{np}}}, \quad (3)$$

где δ – толщина стенки теплообменника, м; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°C); $\alpha_{y\delta}$, α_{np} – коэффициенты теплоотдачи удаляемого и приточного воздуха соответственно, Вт/(м²·°C).

Средняя логарифмическая разность температур определялась по формуле

$$\Delta t_{cp} = \frac{(t_{np1} - t_{y\delta 2}) - (t_{np2} - t_{y\delta 1})}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\delta}}}, \quad (4)$$

где t_{np1} , t_{np2} – то же, что в формуле (2); $t_{y\delta 1}$, $t_{y\delta 2}$ – температуры удаляемого воздуха на входе в теплообменник и на выходе из него соответственно, °C; Δt_{δ} , Δt_{δ} – большая и меньшая из расчётных разностей температур соответственно, °C.

Эффективность утилизации теплоты в рекуперативном теплообменнике определялась по выражению

$$\eta = \frac{c_p \cdot G_{np} \cdot (t_{np2} - t_{np1})}{c_p \cdot G_{y\partial} \cdot (t_{y\partial1} - t_{np1})} \quad (5)$$

где η – эффективность утилизации теплоты в рекуперативном теплообменнике; G_{np} , $G_{y\partial}$ – массовые расходы соответственно приточного и удаляемого воздуха, кг/с; c_p , t_{np1} , t_{np2} – то же, что в формуле (2); $t_{y\partial1}$ – температура удаляемого воздуха на входе в рекуперативный теплообменник, °С.

Формулы (1) – (4) использовались при теоретическом расчёте рекуперативных теплообменников, а формулы (1), (2), (5) – при конечной обработке результатов экспериментального исследования. Для расчёта коэффициентов теплоотдачи, гидравлического трения и некоторых других необходимых для расчёта величин использовались данные литературных источников [12–21]. Основные полученные осреднённые результаты расчёта габаритных размеров и конструкции теплообменника представлены в табл. 1.

Размеры теплообменника были также определены на основании конструктивных и архитектурно-планировочных требований, предъявляемых к разрабатываемой вентиляционной установке в целом, т. е. установка предпочтительно должна размещаться в пространстве подоконной доски. Расчётный расход воздуха на систему принят в объёме 60 м³/ч. Для проработки принципиальных и конструктивных решений разрабатываемых вентиляционных установок был изучен современный уровень развития техники в рассматриваемой области на основании данных литературных источников [12–21] и результатов патентного поиска по источникам [22–28]. В результате была разработана принципиально новая конструкция приточно-вытяжной вентиляционной установки с утилизацией теплоты и защитой теплообменников-утилизаторов от обмерзания в двух вариантах, представленных на рис. 1 и 2.

торов от обмерзания в двух вариантах, представленных на рис. 1 и 2.

В расчётный холодный период года схема вентиляционной установки, изображённая на рис. 1, работает следующим образом: вытяжной воздух забирается из помещения, затем он проходит через клапан, фильтр, вспомогательный вентилятор и ТЭН, в котором нагревается на необходимую величину. Подогретый вытяжной воздух попадает в пространство между корпусом системы и пластинчатым теплообменником – утилизатором теплоты. В результате того, что корпус системы является теплоизолированным, а поверхность теплообменника металлической, тепловой поток большей частью передаётся периферийной поверхности теплообменника, что способствует поддержанию её положительной температуры и предохраняет её от обмерзания. По ходу своего движения вытяжной воздух охлаждается до значения температуры помещения и после этого забирается вытяжным вентилятором и подаётся в теплообменник-утилизатор, где отдаёт свою теплоту приточному воздуху и охлаждается до расчётной температуры, зависящей от необходимой степени утилизации теплоты. Далее холодный вытяжной воздух выходит в атмосферу. Приточный воздух забирается через узел забора воздуха, расположенный с противоположной стороны уличной части системы. Под действием разрежения, создаваемого приточным вентилятором, воздух проходит через теплообменник – утилизатор теплоты, где нагревается до требуемой температуры, зависящей от необходимой степени утилизации теплоты. Затем подогретый приточный воздух проходит через фильтр, клапан и подаётся в помещение.

Схема вентиляционной установки, изображённая на рис. 2, в расчётный холодный период года работает следующим образом: вытяжной воздух забирается из помещения, затем он проходит через клапан, фильтр, забирается

Таблица 1

Осреднённые результаты расчёта габаритных размеров и конструкции теплообменника

Наименование величины	Принятое обозначение	Ед. изм.	Значение
Общее число каналов для хода воздуха	n	шт.	28
Площадь теплообменной поверхности	F	м²	2,1
Длина канала	l	мм	600
Длина теплообменника	L	мм	640
Ширина теплообменника	b	мм	200
Высота теплообменника	h	мм	120

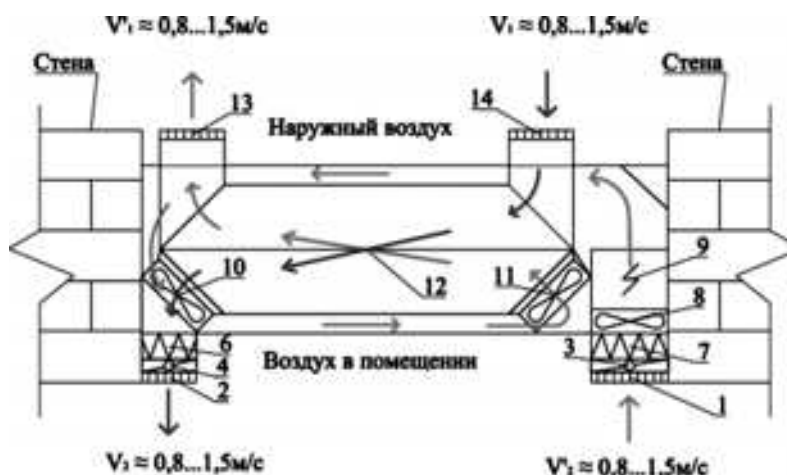


Рис. 1. Принципиальная схема вентиляционной установки с рекуперативным теплоутилизатором и прямоточной схемой защиты от обмерзания:

1 – вытяжной воздухоораспределитель; 2 – приточный воздухоораспределитель; 3 – клапан на вытяжном воздухе; 4 – клапан на приточном воздухе; 5,6,7 – фильтры; 8 – вспомогательный вентилятор; 9 – воздухонагреватель (ТЭН); 10 – приточный вентилятор; 11 – вытяжной вентилятор; 12 – рекуперативный пластинчатый теплообменник; 13 – выпуск воздуха (решётка); 14 – забор воздуха (решётка)

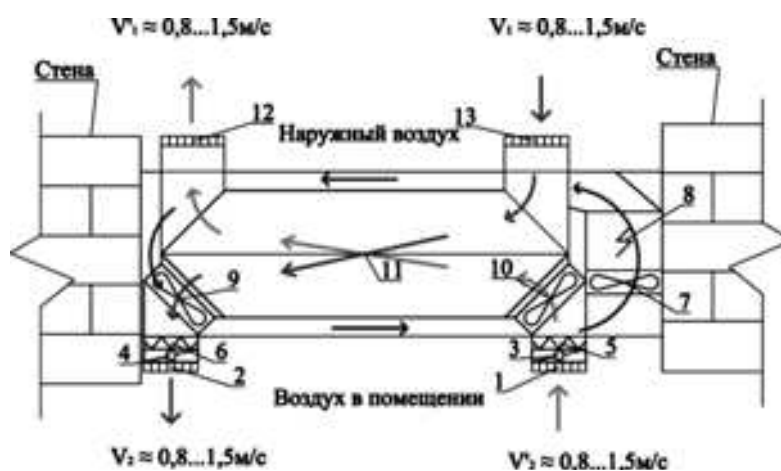


Рис. 2. Принципиальная схема вентиляционной установки с рекуперативным теплоутилизатором и рециркуляционной схемой защиты от обмерзания:

1–6 – то же, что на рис. 1; 7 – вспомогательный вентилятор; 8 – воздухонагреватель (ТЭН); 9 – приточный вентилятор; 10 – вытяжной вентилятор; 11 – рекуперативный пластинчатый теплообменник – утилизатор теплоты; 12 – выпуск воздуха (решётка); 13 – забор воздуха (решётка)

вытяжным вентилятором и подаётся в теплообменник-утилизатор, где отдаёт свою теплоту приточному воздуху и охлаждается до расчётной температуры, зависящей от необходимой степени утилизации теплоты. Далее холодный вытяжной воздух выходит в атмосферу. Приточный воздух забирается через узел забора воздуха, расположенный с противоположной стороны уличной части системы. Под действи-

ем разрежения, создаваемого приточным вентилятором, воздух проходит через теплообменник – утилизатор теплоты, где нагревается до требуемой температуры, зависящей от необходимой степени утилизации теплоты. Затем подогретый приточный воздух проходит через фильтр, клапан и подаётся в помещение. Защита от обмерзания достигается за счёт циркуляции по замкнутому каналу подогретого воздуха, в ре-

зультате чего периферийная часть теплообменника всегда имеет положительную температуру.

Оба варианта конструкции вентиляционных установок были изготовлены. Кроме этого, вариант с прямоточной схемой защиты от обмерзания был изготовлен в двух экземплярах лабораторных образцов установки с различными конструкциями рекуперативных теплообменников: с теплопередающими стенками в виде гофрированных пластин (рис. 3) и с гладкими теплопередающими стенками и проложенной между ними гофрированной металлической сеткой (рис. 4). Геометрические размеры теплообменников максимально выдержаны по отношению к приведённым в табл. 1 с учётом некоторых конструктивных доработок. Общий вид одного из образцов вентиляционной установки представлен на рис. 5. На рис. 6 представлена вентиляционная установка, смонтированная и оборудованная для проведения натуральных испытаний.

Натурные испытания проводились в период с декабря 2018 по февраль 2019 гт. на двух вентиляционных установках с прямоточной схемой защиты от обмерзания. Одна из испытуемых установок имела в своём составе рекуперативный теплообменник с теплопередающими стенками в виде гофрированных пластин, а другая была оснащена теплообменником с гладкими теплопередающими стенками и проложенной между ними гофрированной металлической сеткой. Прочие технические характеристики испытуемых систем были идентичными.

Методика проведения испытаний заключалась в следующем:

1. Выбирался режим испытания установок (производительность по воздуху и мощность нагрева электрического воздухонагревателя).

2. Установка эксплуатировалась в выбранном режиме минимум 40 мин до начала испытаний.



Рис. 3. Фрагмент гофрированной пластины (теплопередающей стенки)



Рис. 4. Теплообменник с гладкими теплопередающими стенками и проложенной между ними гофрированной металлической сеткой в процессе сборки



Рис. 5. Общий вид вентиляционной установки перед процессом монтирования на место проведения натуральных испытаний



Рис. 6. Вентиляционная установка, смонтированная и оборудованная для проведения натуральных испытаний

3. В ходе испытаний производились замеры температуры в 10 контрольных точках (температуры внутреннего и наружного воздуха, до и после воздухонагревателя, до и после рекуперативного теплообменника, на входе и на выходе из установки). Фиксация данного параметра производилась автоматически с интервалом 1 мин.

4. Проводились измерения скорости воздуха на входе и выходе приточной и вытяжной линии, уровень шума при работе установки, барометрическое давление, относительная влажность воздуха помещения и перепады давления в характерных сечениях вентиляционной установки. Фиксация данных параметров производилась вручную в начале и в конце проведения соответствующей серии испытаний.

5. Каждый вариант системы был испытан минимум в трёх сериях с минимальной продолжительностью 3 ч и максимальной продолжительностью 8 ч.

При проведении испытаний использовались следующие измерительные приборы:

- многоканальный портативный измеритель температуры с переносным модулем «Поток» – измерение температуры;
- многофункциональный прибор Testo-480 с набором зондов для измерения параметров микроклимата и систем вентиляции – измерение скорости воздуха и перепадов давления в характерных сечениях вентиляционной установки, барометрического давления, относительной влажности воздуха помещения;
- шумомер ADA ZSM 330 – измерение общего уровня шума.

Применение современного аттестованного и поверенного оборудования, а также про-

ведение последующей обработки результатов экспериментальных исследований позволило получить приемлемую относительную погрешность результатов испытаний, не превышающую максимальной величины $\pm 10\%$.

Результаты исследования

В ходе проведённых натурных испытаний были получены протоколы испытаний со значениями измеренных величин, подлежащих дальнейшей математической обработке. Обработка результатов экспериментального исследования, направленная на усреднение значений величин, устранение грубых промахов, случайных и статистических погрешностей измерения, проводилась по методам, изложенным в [29]. После этого этапа обработки экспериментальных данных был произведён расчёт эффективности утилизации теплоты в вентиляционных установках с использованием формул (1), (2), (5). Обобщённые результаты проведённого исследования представлены в табл. 2.

Из результатов проведённых испытаний следует сделать следующие выводы:

1. Разработанные конструкции вентиляционных установок являются принципиально работоспособными и удовлетворяют таким требованиям, как:

- обеспечение минимального воздухообмена в помещении;
- обеспечение утилизации теплоты вентиляционного воздуха в среднем не ниже 50 %;
- вписывание в интерьер помещения практически без его нарушения (возможна установка в пространстве подоконной доски);

Таблица 2

Обобщённые результаты исследования

Показатель	Значение (интервал значений) показателя	
	для установки, оснащённой теплообменником с теплопередающими стенками в виде гофрированных пластин	для установки, оснащённой теплообменником с гладкими теплопередающими стенками и проложенной между ними гофрированной металлической сеткой
Эффективность утилизации теплоты, %	40 ... 75	40 ... 70
Расход воздуха в системе, м ³ /ч	30 ... 90	
Перепад давления на вентиляторе, Па	60 ... 360	60 ... 270
Уровень шума, дБа	40 ... 60	
Максимальная скорость воздуха на входе и на выходе из установки, м/с	Не более 5	
Максимальное потребление энергии, Вт	Не более 700	

- установки, пригодные для ремонта самими конечными пользователями;
- оценочная стоимость одной такой установки составляет 30 000 руб.

2. Эффективность утилизации теплоты в разработанных рекуперативных теплообменниках существенно возрастает при достижении расхода воздуха в системе уровня $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ и при снижении температуры наружного воздуха ниже минус $10 \text{ }^\circ\text{C}$.

3. Разработанная прямооточная система защиты от обмерзания положительно зарекомендовала себя на данном этапе исследования, хотя и нуждается в дальнейшей конструктивной доработке.

4. Максимально достигнутая в результате испытаний эффективность утилизации теплоты составила 75 %, что является средним показателем для теплообменников данного класса.

Для дальнейшего совершенствования выполненных разработок следует сформулировать следующие рекомендации:

- применить более мощные радиальные вентиляторы для обеспечения запаса по про-

изводительности и интенсификации процессов теплообмена;

- для интенсификации процессов теплообмена, а также получения большей компактности теплообменника и системы в целом необходимо выполнить более развитую поверхность теплообмена (с большей турбулентностью потока);

• для дальнейшего этапа развития и реализации результатов исследования (этапа НИОКР) рекомендуется разработать модельный ряд энергоэффективных систем вентиляции с утилизацией теплоты воздуха с учётом результатов проведённого этапа исследования, а также по типу усовершенствованного прототипа вентиляционной установки, представленного на рис. 7 и 8. Предлагаемый прототип разработан на основе анализа информации источников [13–31] и будет иметь большую эффективность утилизации теплоты, меньшие размеры (будет более компактным) и более совершенную схему защиты рекуперативных теплоутилизаторов от обмерзания;

- на все разработанные схемы установок необходимо разработать систему контроля и автоматического управления их работой.

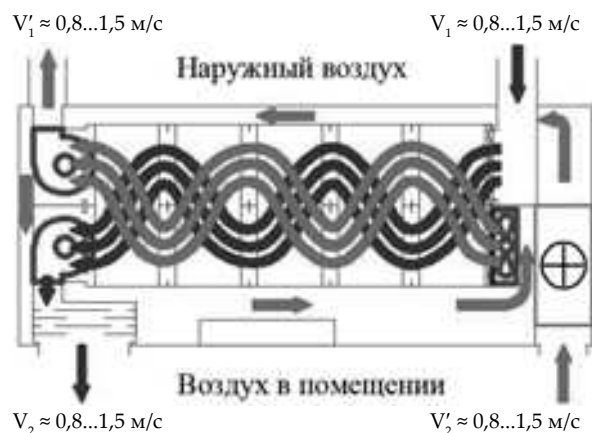


Рис. 7. Принципиальная схема (вид сверху) усовершенствованного прототипа вентиляционной установки



Рис. 8. 3D-модель усовершенствованного прототипа вентиляционной установки

Выводы. 1. Разработанные конструкции рекуперативных теплообменников имеют практически одинаковую эффективность утилизации теплоты на уровне 40–70 %.

2. Для достижения одного и того же эффекта по утилизации теплоты целесообразно использовать конструкцию теплообменников с гофрированной сеткой, нежели конструкцию с гофрированными пластинами, так как первая конструкция при сопоставимом эффекте утилизации теплоты обеспечивает до полутора раз меньшее аэродинамическое сопротивление.

3. Максимально достигнутая в результате испытаний эффективность утилизации тепло-

ты составила 75 %, что является средним показателем для теплообменников данного класса. В то же время имеются потенциальные возможности для повышения этого показателя за счёт совершенствования конструкции теплообменника (применение сборного многократно перекрёстно-точного теплообменника). Данное мероприятие позволит не только увеличить эффективность утилизации теплоты, но и уменьшит габаритные размеры установки, что сделает её ещё более удобной к применению в помещениях жилых зданий.

4. Разработанная прямооточная система защиты от обмерзания положительно зареко-

мендовала себя на данном этапе исследования (полного обмерзания и остановки системы зафиксировано не было). Однако схема нуждается в дальнейшей конструктивной доработке в плане организации мероприятий, повышающих её теплотехническую эффективность.

5. При разработке усовершенствованного прототипа вентиляционной установки необходимо решить следующие задачи:

- повысить эффективность утилизации теплоты в установке до гарантированного значения 85 %;
- снизить уровень шума при работе системы до максимального значения 45 дБ с учётом фоновый уровня шума;
- сделать систему более компактной. Предлагаемые габаритные размеры системы 1000×200×200 мм;

• планово снизить себестоимость системы за счёт совершенствования её технических характеристик и упрощения процесса изготовления до наименьшего возможного значения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Fanger O. Качество внутреннего воздуха в XXI веке: влияние на комфорт, производительность и здоровье людей // АВОК. 2003. № 4. С. 12–21.
2. Табунщиков Ю.А. Микроклимат и энергосбережение: пора понять приоритеты // АВОК. 2008. № 5. С. 4–11.
3. Костуганов А.Б., Выходков Ю.С., Прилепский А.С. Проблемы вентиляции помещений современных жилых зданий // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Естественные науки и технологическая безопасность: сборник статей / СГАСУ. Самара, 2017. С. 138–141.
4. Лобов О.И., Ананьев А.И., Кувшинов Ю.Я. Приведение нормирования теплозащитных качеств наружных стен зданий в соответствие с федеральным законом «О техническом регулировании» // Сб. докл. конф. МГСУ - РНТОС 23-25 ноября 2005 г. С. 45–48.
5. Гагарин В.Г. Потребление энергии в России и повышение энергоэффективности в строительстве // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды: материалы XI международной научной конференции 23 марта – 5 апреля 2013. Ханой, 2013. С. 55–66.
6. Р НП «АВОК» 5.2-2012. Технические рекомендации по организации воздухообмена в квартирах жилых зданий. Взамен ТР-АВОК 4-2008; Введ. 19.03.2012. М., 2012. 26 с.
7. Kostuganov A., Vytchikov Y., Prilepskiy A. Self-contained ventilation system of civil buildings built into window structures [Электронный ресурс] // MATEC Web of Conferences : [proceedings] of the 27th Russian-Polish-Slovak Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFOCE 2018, 17-21 Sept. 2018, Rostov-on-Don, Russian Federation. Electronic data. Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2018. Vol. 196. 6 p.
8. Kostuganov A.B., Vytchikov Yu. S. On analysis of operating efficiency of autonomous ventilation systems [Электронный ресурс] // MATEC Web of Conferences : proceedings of the RSP 2017 - XXVI R-S-P Seminar 2017 theoretical foundation of civil engineering, 21-25 aug. 2017, Warsaw, Poland / ed. by S. Jemiolo [et al.]. Electronic data. Warsaw: EDP Sciences, 2017. Vol. 117. 9 p.
9. Костуганов А.Б. К вопросу разработки энергоэффективных систем автономной вентиляции гражданских зданий [Электронный ресурс] // Строительство – формирование среды жизнедеятельности: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных: НИУ МГСУ, 2017. С. 998–1000. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29657830>.
10. Мансуров, А.Р., Мансуров Р.Ш. Энерго- и ресурсосберегающие децентрализованные приточно-вытяжные системы вентиляции [Электронный ресурс] // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: сборник материалов Всероссийской студенческой олимпиады, научно-практической конференции с международным участием и выставкой работ студентов, аспирантов и молодых учёных 17–20 декабря 2013 г. Екатеринбург: УрФУ, 2013. С. 138–140. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30374808>.
11. Костуганов А.Б., Приходько В.А., Воронов А.О. Теплообменные установки для утилизации теплоты вытяжного воздуха [Электронный ресурс] // Студенческие научные общества – экономике регионов : сб. материалов Междунар. молодежной науч. конф., 31 окт. – 2 нояб. 2018 г., Оренбург. Электрон. дан. Оренбург: ОГУ, 2018. Ч. 1. С. 31–36.
12. Кокорин О.Я. Отечественное оборудование для создания систем вентиляции и кондиционирования воздуха. М.: МГСУ, 2005. 99 с.: ил.
13. Кэйс В.М., Лондон А.Л. Компактные теплообменники. М.: Энергия, 1967. 224 с.: ил.
14. Сотников А.Г. Процессы, аппараты и системы кондиционирования воздуха и вентиляции // Теория, техника и проектирование на рубеже столетий: в 2 т. Т. 1. СПб.: изд. «АТ-PUBLISHING», 2005. 504 с.: ил.
15. Протасевич А.М. Энергоснабжение в системах теплогасоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Минск: Новое знание; М.: ИИ-ФРА-М, 2012. 286 с.
16. Богословский В.Н., Поз М.Я. Теплофизика аппаратов утилизации тепла систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. М.: Стройиздат, 1983. 319 с.: ил.
17. Белоногов Н.В. Пути совершенствования пластинчатых перекрёстноточных рекуперативных теплообменников: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2005. 204 с.: ил.
18. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / под. ред. М.О. Штейнберга.

3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. 672 с.: ил.

19. *Куприянов В.Н., Сайфутдинова А.М., Зиганшин А.М., Сафин И.Ш.* Исследование возможностей приточно-вытяжных устройств для обеспечения нормативного воздухообмена жилых помещений [Электронный ресурс] // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2013. С. 245–254. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25921050>.

20. *Хаузен Х.* Теплопередача при противотоке, прямого тока и перекрёстном токе. М.: Энергоиздат, 1981. 384 с.: ил.

21. *Колодяжный С.А., Кавыгин А.А.* Расчёт современных пластинчатых рекуператоров с использованием функции коэффициента полезного действия // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. № 36 (55). С. 182–188.

22. Пат. 2 538 516 Российская Федерация. МПК F24F 7/06 (2006.01), F24F 7/08 (2006.01). Приточно-вытяжная установка с пластинчатым рекуперативным теплоутилизатором / Кавыгин А.А., Колодяжный С.А.; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «ВКТехнология». № 2013130112/12; заявл. 01.07.2013; опубл. 10.01.2015, Бюл. № 1.

23. Пат. Российская Федерация. МПК. Приточно-вытяжной вентиляционный прибор для энергосберегающей вентиляции небольших помещений, преимущественно квартир / Ланда Ю.И.; заявитель и патентообладатель Омск, Ланда Ю.И. № 2009108672/22; заявл. 10.03.2009; опубл. 20.11.2009, Бюл. № 32.

24. Пат. 2003 117 221 Российская Федерация. МПК F24F 5/00, F24F 11/00. Энергосберегающая система вентиляции и кондиционирования воздуха / Кокорин О.Я., Балмазов М.В.; заявитель и патентообладатель Москва, Закрытое акционерное общество «Обитель». № 2003117221/06; заявл. 10.06.2003; опубл. 20.12.2004.

25. Пат. 2 488 748 Российская Федерация. МПК F24F 7/08 (2006.01). Приточно-вытяжное вентиляционное устройство для зданий с вентилируемым фасадом / Васильев Г.П., Тимофеев Н.А., Горнов В.Ф., Лесков В.А.; патентообладатель Открытое акционерное общество «Инсолар-Энерго». № 2011125778/12; заявл. 23.06.2011; опубл. 27.12.2012, Бюл. № 36.

26. Пат. 2 449 223 Российская Федерация. МПК F24F 7/08 (2006.01). Теплообменный вентилятор / ТАКАДА Масару, ОНИСИ Сигеки, АРАИ Хидемото; патентообладатель МИЦУБИСИ ЭЛЕКТРИК КОРПОРЕЙШН. № 2010146452/12; заявл. 16.04.2008; опубл. 27.04.2012, Бюл. № 12.

27. Пат. 186 155 Российская Федерация. МПК F24F 12/00 (2006.01), F24F 13/30 (2006.01). Устройство рекуперации тепла в системах приточно-вытяжной вентиляции зданий и сооружений / Колмаков К.Н., Москалев И.С.; патентообладатели Колмаков К.Н., Москалев И.С. № 2018107993; заявл. 06.03.2018; опубл. 11.01.2019, Бюл. № 2.

28. Пат. 51 715 Российская Федерация. МПК F24F 7/007 (2006.01). Устройство утилизации тепла вытяжного воздуха / Барон А.В., Барон В.Г.; патентообладатель Барон А.В. № 2005127066/22; заявл. 26.08.2005; опубл. 27.02.2006, Бюл. № 6.

29. Третьяк Л. Н. Обработка результатов наблюдений [Электронный ресурс]. Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. 171 с.

REFERENCES

1. Fanger O. The quality of indoor air in the 21st century: the impact on comfort, productivity and human health. AVOK [Association of HVAC Engineers], 2003, no. 4, pp. 12-21. (in Russian).

2. Tabunshchikov Yu.A. Microclimate and energy conservation: time to understand priorities. AVOK [Association of HVAC Engineers], 2008, no. 5, pp. 4-11. (in Russian).

3. Kostuganov A.B., Vytchikov Yu.S., Prilepsky A.S. Ventilation problems in modern residential buildings. *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Yestvennyye nauki i tekhnosferayabezopasnost'* [Traditions and innovations in construction and architecture. Natural sciences and technosphere security. Collections of articles], Samara, 2017, pp. 138-141. (in Russian).

4. Lobov O.I., Ananyev A.I., Kuvshinov Yu.Ya. Bringing the regulation of heat-shielding qualities of the exterior walls of buildings in accordance with the federal law «On Technical Regulation». *Sbornik dokladov konferentsii MGSU – RNTOS 23-25 noyabrya* [Collection of reports of the conference MGSU - RNTOS November 23-25], Moscow, 2005, pp. 45-48. (in Russian).

5. Gagarin V.G. Energy consumption in Russia and energy efficiency in construction. *Kachestvo vnutrennego vozdukhа i okruzhayushchey sredy. Materialy XI mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii 23marta–5 aprelya 2013* [The quality of indoor air and the environment. Materials of the XI international scientific conference March 23 - April 5, 2013], Hanoi, 2013, pp. 55-66. (in Russian).

6. RNP «ABOK» 5.2-2012. Technical recommendations for the organization of air exchange in apartments of residential buildings Instead of TR-AVOK 4-2008; Moscow, AVOK Publ., 2012. 26 p.

7. Kostuganov A., Vytchikov Y., Prilepskiy A. Self-contained ventilation system of civil buildings built into window structures. MATEC Web of Conferences, 2018, Vol. 196. Available at: <http://www.osu.ru/doc/1041/kaf/5729/rep/19255> (accessed 16 November 2019)

8. Kostuganov A.B., Vytchikov Yu. S. On analysis of operating efficiency of autonomous ventilation systems. MATEC Web of Conferences, 2017, Vol. 117. Available at: <http://www.osu.ru/doc/1041/kaf/5729/rep/19255> (accessed 16 November 2019)

9. Kostuganov A.B. To the question of developing energy-efficient autonomous ventilation systems for civil buildings Construction. *Stroitel'stvo-formirovaniye sredy zhiznedeyatel'nosti. Elektronnyy resurs:sbornik trudov XX*

Mezhdunarodnoy mezhvuzovskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, magistrantov, aspirantov i molodykh uchenykh [Formation of the living environment: collection of works of the XX International Interuniversity Scientific and Practical Conference of students, master students, post-graduate students and young scientists], Moscow, 2017, pp. 998-1000. (in Russian).

10. Mansurov A.R., Kostuganov A.B., Mansurov R.Sh. Energy - and resource-saving decentralized supply and exhaust ventilation systems Energy and Resource Saving. Power supply. *Energo- i resursosberezhenie. Energoobespechenie. Netraditsionnye i vozobnovlyemye istochniki energii. Sbornik materialov Vserossiyskoy studencheskoy olimpiady, nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem i vystaoki rabot studentov, aspirantov i molodykh uchenykh* [Non-traditional and renewable energy sources: Collection of materials of the All-Russian Student Olympiad, scientific-practical conference with international participation and an exhibition of works of students, post-graduate students and young scientists December 17-20, 2013], Yekaterinburg, 2013, pp. 138-140. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30374808> (accessed 16 November 2019)

11. Kostuganov A.B., Prihodko V.A., Voronov A.O. Heat exchangers for extract air heat recovery. *Studencheskie nauchnye obshchestva ekonomike region. Sbornik materialov Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii* [Student Scientific Societies - Regional Economics: Collection of materials of the international youth scientific conference, October 31-November 2, 2018, Orenburg / Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Orenburg State University"; Chief Editor V. I. Zhadanov], Orenburg, 2018, Part 1, pp. 31-36. Available at: <http://www.osu.ru/doc/1041/kaf/5729/prep/19255> (accessed 16 November 2019)

12. Kokorin O.Ya. *Otechestvennoe oborudovanie dlya sozdaniya sistem ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukh* [Domestic equipment for creating ventilation and air conditioning systems]. Moscow, MGSU Publ, 2005. 99 p.

13. Case V.M. Compact heat exchangers. Second edition. Mc Graw-Hill Book Company, 1964, 224 p. (Russ. ed.: Keys V.M., London A.L. Kompaktnye teploobmenniki. Moscow, Energiya Publ., 1967. 224 p.).

14. Sotnikov, A.G., *Protsessy, apparaty i sistemy konditsionirovaniya vozdukh i ventilyatsii tom1* [Processes, apparatuses and air conditioning and ventilation systems Vol. 1 Theory, technology and design at the turn of the century . In two volumes. Volume 1]. St. Petersburg, «AT-PUBLISHING» Publ., 2005.

15. Protasevich A.M. *Energosnabzhenie v sistemakh teplogazosnabzheniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukh* [Energy supply in heat and gas supply, ventilation and air conditioning systems]. Minsk: New knowledge Publ, 2012. 286 p.

16. Bogoslovsky V.N., Pos. M.Ya. *Teplofizika apparatov utilizatsii tepla sistem otopleniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukh* [Thermophysics of heat recovery

apparatus for heating, ventilation and air conditioning systems]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1983. 319 p.

17. Belonogov N.V. *Puti sovershenstvovaniya plastinchatykh perekrostnotochnykh rekuperativnykh teploobmennikov*: Cand, Diss [Ways to improve plate cross-flow recuperative heat exchangers. PhD Diss.]. St. Petersburg, 2005. 204 p.

18. Idelchik I.E. *Spravochnik po gidravlicheskim soprotivleniyam* [Handbook of hydraulic resistance]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1992. 672 p.

19. Kupriyanov V.N., Sayfutdinova A.M., Ziganshin A.M., Safin I.Sh. Study of the possibilities of supply and exhaust devices to ensure regulatory air exchange of living spaces. *Vestnik Volzhskogo regional'nogo otdeleniya Rossijskoy akademii arhitektury i stroitel'nykh nauk* [Bulletin of the Volga Regional Branch of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences], 2013, no 16. pp. 245-254. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25921050> (accessed 16 November 2019)

20. Hausen H. Heat transfer in countercurrent, forward flow, and cross current. By Springer-Verlag 1976, 384 p. (Russ. ed.: Khauzen, Kh. Teploperedacha pri protivotoke, pryamotoke i perekrestnom toke. Moscow, Energoizdat Publ., 1981. 384 pp.)

21. Kolodyazhny S.A., Kavygin A.A. Calculation of modern plate heat exchangers using the function of the coefficient of efficiency. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture], 2014, no. 36 (55), pp. 182-188. (in Russian).

22. Kavygin A.A., Kolodyazhny S.A., e.a. *Pritochno-vytyazhnaya ustanovka s plastinchatym rekuperativnym teploutilizatorom* [Supply and exhaust unit with a plate recuperative heat exchanger]. Patent RF, no. 2013130112, 2015.

23. Landa Yu.I., e.a. *Pritochno-vytyazhnay ventilyatsionnyy pribor dlya energosberegayushchey ventilyatsii nebol'shikh pomescheniy, preimushchestvenno kvartir* [Supply and exhaust ventilation device for energy-efficient ventilation of small rooms, mainly apartments]. Patent RF, no. 2009108672, 2009.

24. Kokorin O.Ya., Balmazov M.V., e.a. *Energosberegayushchaya Sistema ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukh* [Energy-saving ventilation and air conditioning system]. Patent RF, no. 2003117221, 2004.

25. Vasiliev G.P., Timofeev N.A., Gornov V.F., Leskov V.A., e.a. *Pritochno-vytyazhnoe ventilyatsionnoe ustroystvo dlya zdaniy s ventiliruemym fasadom* [Supply and exhaust ventilation device for buildings with a ventilated façade]. Patent RF, no. 2011125778/12, 2012.

26. TAKADA M., ONISI S., ARAI H., e.a. *Teploobmennyy ventilyator* [Heat exchanger fan]. Patent RF, no 2010146452/12, 2012.

27. Kolmakov K.N., Moskalev I.S., e.a. *Ustroystvo rekuperatsii tepla v sistemakh pritochno-vytyazhnay ventilyatsii zdaniy i sooruzheniy* [Heat recovery device in the supply and exhaust ventilation systems of buildings and structures]. Patent RF, no 2018107993, 2019.

28. Baron A.V., Baron V.G., e.a. *Ustroystvo utilizatsii tepla vytyazhnogo vozdukha* [Exhaust air heat utilization device]. Patent RF, no 2005127066/22, 2006.

29. Tretyak L.N. *Obrabotka rezul'tatov nablyudeniya* [Processing the results of observations]. Orenburg, IPK OGU Publ., 2004. 171 p.

Об авторе:

КОСТУГАНОВ Арман Береклович

старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и гидромеханики Оренбургский государственный университет 460018, Россия, г. Оренбург, просп. Победы, 13 аспирант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: _kostuganow@mail.ru

KOSTUGANOV Arman B.

Senior Lecturer of the Heat and Gaz Supply and Ventilation and Hydromechanics Chair Orenburg State University 460018, Russia, Orenburg, Pobedy av., 13 Postgraduate student of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: _kostuganow@mail.ru

Для цитирования: *Костуганов А.Б.* Исследование эффективности утилизации теплоты в рекуперативных теплообменниках установок автономной вентиляции // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 36–46. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.6.

For citation: *Kostuganov A.B.* Research of heat disposal efficiency in recuperative heat exchangers of autonomous ventilation units. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 36–46. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.6.

Уважаемые читатели!

Центр «Энергосбережение в строительстве» приглашает к сотрудничеству.

Основные направления деятельности Центра:

- проведение теплотехнических обследований
- тепловизионный контроль объектов строительства
- экспериментальное исследование характеристик строительных материалов
- проектирование и обследование систем водоснабжения и водоотведения
- проектирование и обследование систем теплогазоснабжения и вентиляции
- выполнение работ по акустике и звукоизоляции зданий и сооружений
- автоматизация инженерных систем зданий и сооружений
- обеспечение светового комфорта застройки
- проведение мероприятий по пропаганде и внедрению энергоэффективных технологий в Самарской области
- изучение, обобщение и распространение передового опыта в области энергосбережения
- формирование общественного сознания в вопросах энергосбережения
- создание современной материально-технической базы для выполнения научно-проектной документации
- координация разработки и продвижения новых образовательных программ в области энергосбережения, проектирования и строительства

Руководитель *Витчиков Юрий Серафимович*

Контакты:

443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, корпус 11 (АСА СамГТУ), каб. 481
тел. (846) 339-14-76, 339-14-55
E-mail: git.2008@mail.ru



**Е. И. ВЯЛКОВА
О. В. СИДОРЕНКО
Е. С. ГЛУЩЕНКО**

ВЛИЯНИЕ ПРОБИОТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА КАЧЕСТВО ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**INFLUENCE OF PROBIOTIC PRODUCTS ON THE QUALITY
OF WASTE WATER TREATMENT IN DAIRY INDUSTRIES**

В настоящее время существует проблема эффективной очистки образующихся сточных вод предприятий по переработке молока. Производственные стоки таких предприятий содержат высокие концентрации органических загрязнений и существенно отличаются по составу от хозяйственно-бытовых сточных вод. В данной статье рассматривается метод интенсификации процессов очистки сточных вод молокозавода, расположенного в Тюменской области, с использованием пробиотического средства «PIP Plus WATER» (Бельгия). Представлены результаты проведенных исследований по влиянию пробиотика на показатель среды pH, концентрацию ХПК, АПАВ, ионов аммония, нитратов и фосфатов. Проведено сравнение различных способов обработки воды с пробиотиком. На основании полученных результатов предложена технологическая схема локальной очистной станции молокоперерабатывающего предприятия.

Ключевые слова: молокозавод, показатели качества сточных вод, пробиотическое средство (пробиотик), локальные очистные сооружения

Современный российский рынок молочной продукции растет и развивается. Ежегодный прирост производства российских фермерских хозяйств составляет до 5 %. Например, в Тюменской области около тысячи предприятий и индивидуальных предпринимателей занимаются производством и переработкой молока. Ежедневно крупные молокозаводы перерабатывают от 100 до 800 т молока. При этом производственные мощности загружены в среднем на 50 % [1].

Nowadays there is the problem of the effective treatment of dairy industry plants' wastewaters. Industrial wastewaters of these plants have high concentrations of organic matters and differ significantly from domestic wastewaters. The method of intensification of dairy wastewaters treatment in Tyumen region, using probiotic «PIP Plus WATER» (Belgium) is considered in this article. The article presents the results of conducted research on the impact of the probiotic on such wastewaters indices as pH, chemical oxygen demand, anionic surfactants, ammonium, nitrites, nitrates and phosphates concentrations. The comparison among different ways of wastewater treatment with probiotics has been made. Based on obtained results technological scheme of local treatment plant of dairy industry plant has been suggested.

Keywords: dairy industry plant, indices of wastewaters quality, probiotic agent (probiotic), local treatment plant

Наряду с этим неуклонно растет количество отходов, образующихся на предприятиях молочной индустрии. Количество производственных сточных вод от промывки оборудования и других процессов примерно в 2–5 раз превышает объем готовой продукции. Основным вторичным продуктом (сыворожка), который производитель зачастую вынужден сбрасывать в общую систему водоотведения, составляет от 5 до 18 % от общего количества перерабатываемого молока. Система водоотведения неболь-

ших предприятий по переработке молока и производству молочных продуктов, как правило, является объединенной для хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод. В результате на молокозаводах ежедневно образуется смешанный высококонцентрированный сток, не соответствующий установленным нормам сброса [2–5].

Отсутствие канализационных локальных очистных сооружений на региональных предприятиях молочной промышленности является основной причиной залпового сброса в сеть бытовой канализации или, что хуже, в водный объект производственных стоков. В обоих случаях производственные стоки не соответствуют установленным нормам по ряду показателей. Например, значение pH может изменяться в течение суток от 2 до 12 (в зависимости от цикла мойки технологического оборудования или сброса сыворотки) и значительно отличаться от общероссийских нормативов для сброса в централизованную канализацию населенных пунктов. Количество взвешенных веществ в воде растет от 600 до 10000 мг/дм³ в зависимости от сброса в сеть остатков продукции. Биохимическое потребление кислорода (БПК), химическое потребление кислорода (ХПК), анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ), соединения азота и фосфора по концентрации отличаются в десятки раз от норм сброса на городские КОС [2, 4]. Некоторые предприятия вывозят производственные стоки в пруды-накопители, что создает крайне неблагоприятную экологическую обстановку из-за выделения неприятного запаха и инфильтрации агрессивных сточных вод в грунт. В связи с этим необходимо найти современное решение проблем очистки и утилизации таких сточных вод с использованием новых технологий.

Классические технологические схемы очистки стоков молокозаводов включают в себя первичную механическую очистку, сооружения биологической и физико-химической очистки [3–5]. Однако данные технологии имеют ряд недостатков, например, аэробный активный ил не обеспечивает необходимый эффект очистки при повышенной концентрации ХПК, возникают проблемы эксплуатации станций и, как следствие, увеличивается потребление электроэнергии. Дополнительно образуется большое количество труднообрабатываемого специфического осадка.

Современный подход к проблеме очистки сточных вод молокозаводов предполагает несколько вариантов ее решения: анаэробное разложение органики в специальных USAB-реакторах с получением метана [6–10]; обработка в реакторах SBR периодического аэробного

действия [11]; использование мембранных методов (нанофильтрации, ультрафильтрации и обратного осмоса) [5, 12–15]; применение методов электрохимического окисления и электрокоагуляции [16–18]. Однако данные технологии пока не нашли широкого применения на территории Российской Федерации.

Большой интерес представляет биологический метод разложения АПАВ чистыми культурами микроорганизмов [19]. Определено, что ряд бактерий, например, *Ps. aeruginosa*, *Serratia marcescens*, *Escherichia coli*, *Aerobacter aerogenes*, *Salmonella enteritidis*, *Paracolonobactrum aerogenoides* и другие, в качестве единственного источника углерода используют ПАВ, разлагая их и снижая таким образом их содержание в сточной воде.

Одной из возможных перспективных технологий по обработке сточных вод молокозаводов и осадков сточных вод является использование пробиотических средств с большим содержанием пробиотических микроорганизмов и ферментов, которые способны быстро разрушать органические соединения сточных вод. Пробиотики являются непатогенными, нетоксичными микроорганизмами, способными поглощать органические вещества и тем самым не оставлять питательной среды для развития патогенных микроорганизмов и гнилостных бактерий [20, 21]. Наиболее широкое применение пробиотических средств находят на сегодняшний день в медицине для дезинфекции помещений [22, 23], в косметологии, пищевой промышленности, а также они используются в качестве моющих средств.

В составе большинства пробиотиков присутствуют факультативно-анаэробные бактерии (род *Bifidobacterium* и *Lactobacillus*) и спорообразующие аэробные бактерии (*Bacillus subtilis*, *Bacillus subtilis* var. *amyloliquefaciens*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus megaterium* и др.). При этом анаэробные бактерии воздействуют на загрязнение сточных вод на стадии механической очистки, снижая гнилостные процессы и образование неприятных запахов. Кроме того, они продуцируют пероксид водорода, который, разлагаясь, в аэротенках увеличивает концентрацию растворенного кислорода в сточной воде [21]. В связи с этим возможно снижение подачи воздуха в аэротенки и, как следствие, экономия электроэнергии.

Кроме того, проводились исследования по влиянию дозы пробиотических средств на изменение концентрации ХПК в модельном растворе сточных вод, снижение содержания органики и взвешенных веществ в сточных водах городских очистных сооружений города Тюмени, а также влиянию пробиотика на седиментаци-

онные свойства активного ила [2]. Согласно полученным данным, снижение ХПК при введении пробиотиков на стадии первичного отстаивания происходило на 12,2 %, а эффект осаждения взвешенных веществ составлял порядка 84,2 %. Также значительно улучшались седиментационные свойства осадка вторичных отстойников.

Целью данного исследования является определение влияния пробиотических средств на степень очистки сточных вод молокозавода и предложение технологической схемы обработки подобных производственных сточных вод.

Исследования проводились в лаборатории кафедры водоснабжения и водоотведения Тюменского индустриального университета.

Исследуемая сточная вода представляла собой смесь производственных сточных вод от моек технологического оборудования, автоцистерн, тары и хозяйственно-бытовых сточных вод от душевых комнат и санузлов местного молокозавода. В настоящее время сточная вода с предприятия накапливается в резервуаре-накопителе вместимостью 500 м³ и в течение дня вывозится ассенизаторскими машинами в место утилизации.

Для проведения эксперимента использовался пробиотик бельгийской компании Chrisal «Pip Plus WATER», представляющий собой жидкость, содержащую 6,36 млн/мл бактерий рода *Bacillus* (*Bacillus subtilis*, *Bacillus subtilis* var. *amyloliquefaciens*, *Bacillus licheniformis*,

Bacillus pumilus, *Bacillus megaterium*) в споровом состоянии и ферментов.

В лаборатории определялся качественный состав проб исходной сточной воды, взятой из накопителя, а затем осуществлялась ее обработка в лабораторных условиях согласно табл. 1.

Качество сточной воды до и после обработки оценивалось по нескольким показателям, которые определялись в лабораторных условиях по стандартным методикам:

1) Показатель среды pH; измерение проводилось pH-метром «pH 150МИ»;

2) ХПК – химическое потребление кислорода; для определения концентрации использовался анализатор жидкости «Флюорат-02»;

3) АПАВ – анионные поверхностно-активные вещества; для определения концентрации использовался анализатор жидкости «Флюорат-02»;

4) Концентрация иона аммония NH₄⁺, фосфат-ионов PO₄³⁻ и нитрат-ионов NO₃⁻; для измерений использовалась система капиллярного электрофореза «Капель 105 М».

Все опыты проводились в трех параллелях с целью последующего расчета погрешностей измерений, которые не превышали 10 % по всем показателям.

Результаты измерения показателей качества проб сточных вод приведены в табл. 2.

На основании данных табл. 2 были построены графики зависимости изменения показателя

Таблица 1

Способы обработки проб воды перед исследованием

Номер пробы	Способы обработки пробы
1	Постоянная аэрация в течение 3-х сут без пробиотика
2	Добавление пробиотика (0,01 мг/дм ³) и контакт в течение 3-х сут
3	Добавление пробиотика (0,01 мг/дм ³) и постоянная аэрация пробы в течение 3-х сут
4	Добавление пробиотика (0,01 мг/дм ³), разовое добавление питательного субстрата (раствора сахара) в пробу сточной воды и контакт в течение 3-х сут

Таблица 2

Результаты измерения показателей качества различных проб сточных вод для первых и третьих суток

Показатель	Исходная сточная вода	Аэрация		Пробиотик		Пробиотик + сахар		Пробиотик + аэрация	
		1 сут	3 сут	1 сут	3 сут	1 сут	3 сут	1 сут	3 сут
pH	5,50	7,82	7,76	5,63	7,00	5,16	5,99	5,56	8,45
ХПК, мгО/дм ³	5260	3848	3660	4730	3330	4710	3400	3630	770
АПАВ, мг/дм ³	9,24	–	–	8,55	5,76	8,54	7,26	8,82	3,48
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	10,09	–	–	9,94	5,20	2,92	0,50	6,36	5,70
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	6,79	–	–	5,88	0,73	8,63	3,70	8,50	2,64
PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	92,49	–	–	89,62	121,30	86,98	100,90	83,92	35,16

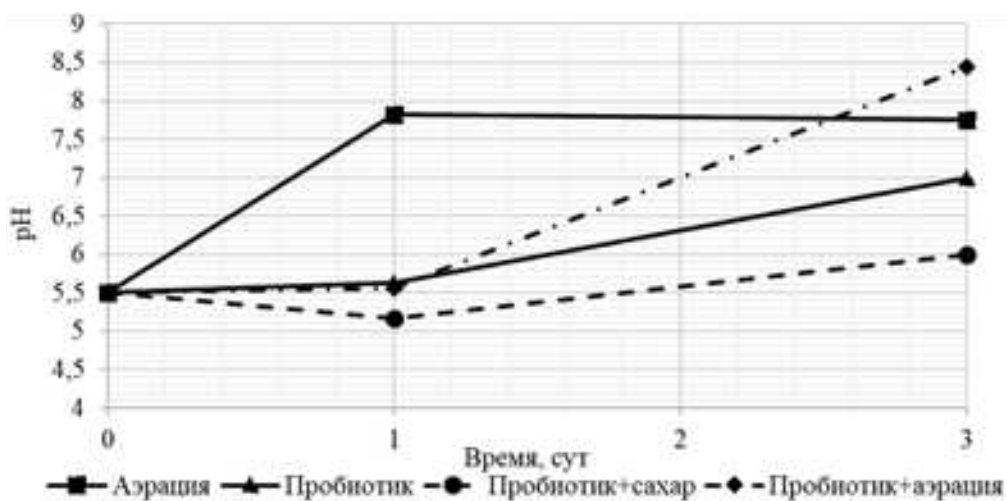


Рис. 1. Зависимость рН для различных проб от времени

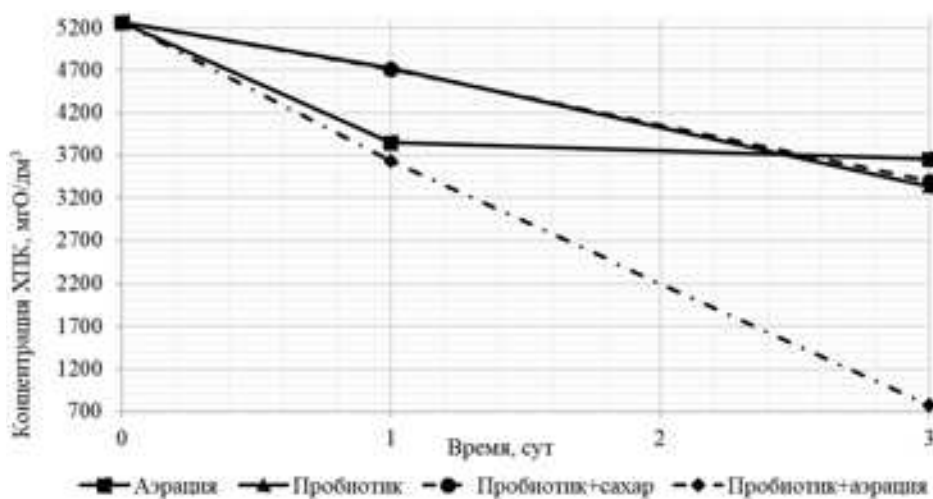


Рис. 2. Зависимость ХПК для различных проб от времени

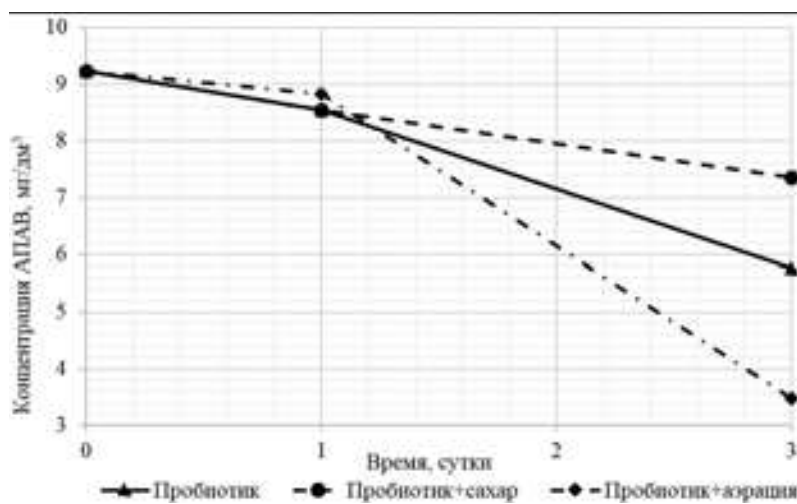


Рис. 3. Зависимость концентрации АПАВ для различных проб от времени

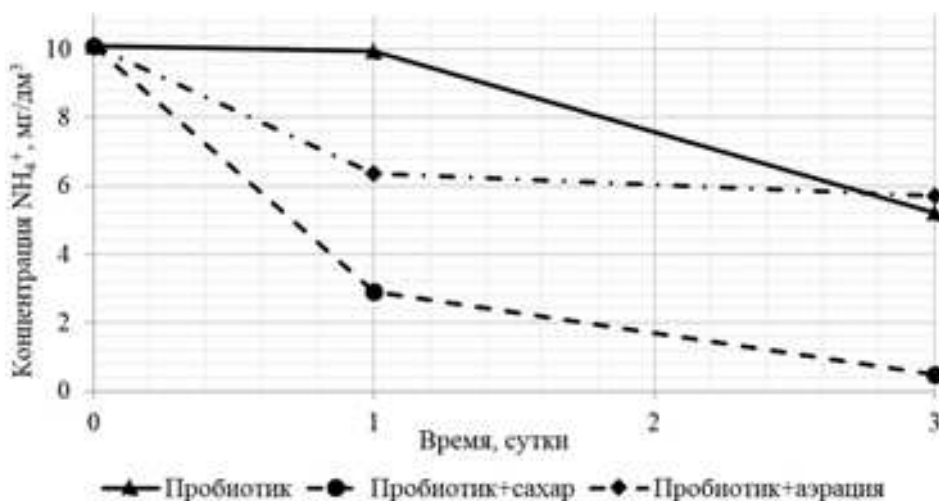


Рис. 4. Зависимость концентрации ионов аммония для различных проб от времени

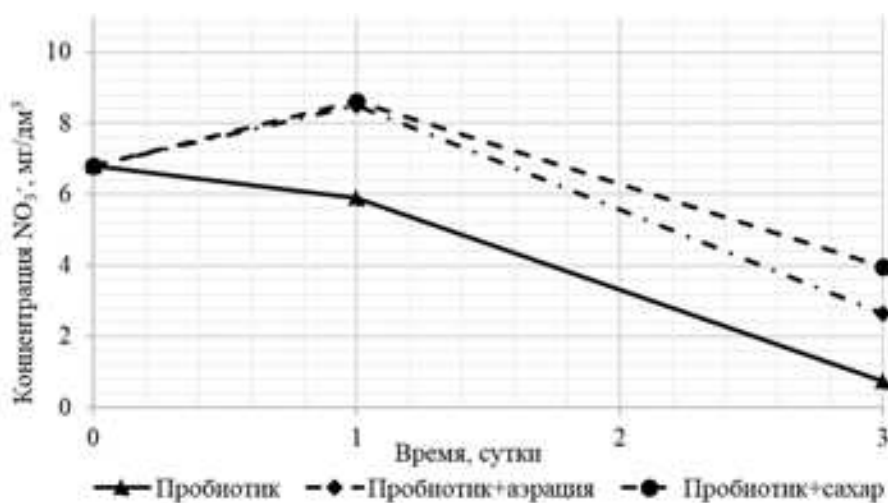


Рис. 5. Зависимость концентрации нитратов для различных проб от времени

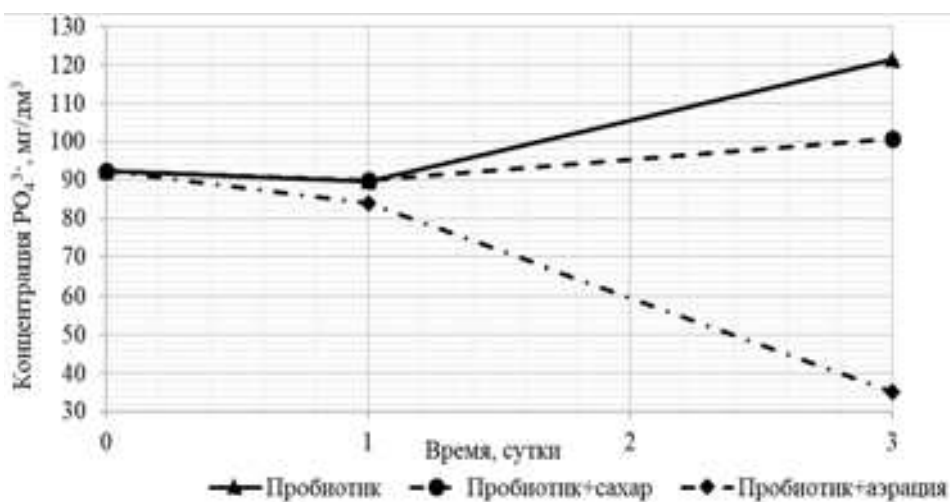


Рис. 6. Зависимость концентрации фосфатов для различных проб от времени

телей сточных вод от продолжительности проведения исследования (рис. 1–6).

Согласно полученным графикам, значение показателя среды pH (рис. 1) на третьи сутки во всех пробах, кроме пробы «пробиотик+сахар», достигло нормативного значения (6–9). В пробе с обычной аэрацией показатель pH достиг требуемого значения уже на первые сутки эксперимента.

Снижение ХПК (рис. 2) наблюдалось во всех пробах, при этом на первые сутки удалось добиться снижения ХПК на 10–30 %. Наибольшее снижение ХПК наблюдалось в пробе «пробиотик+аэрация» – на 85,36 %.

Эффект удаления из сточной воды АПАВ (рис. 3) достиг максимума для пробы «пробиотик+аэрация» и составил 62,34 %.

Наибольший эффект удаления ионов аммония (рис. 4) составил 95,04 % для пробы «пробиотик+сахар», в остальных пробах также наблюдалось снижение концентраций аммония.

Согласно рис. 5 на первые сутки в пробах «пробиотик+аэрация» и «пробиотик+сахар» концентрация нитратов возросла примерно в 1,25 раза вследствие перехода органических форм в минеральные, в то время как на третьи сутки концентрация во всех пробах снизилась по сравнению с исходной водой. Наилучшее удаление нитратов наблюдалось в пробе с пробиотиком (89,2 %).

Концентрация фосфатов, согласно рис. 6, в двух пробах из трех («пробиотик» и «пробио-

тик + сахар») увеличилась на третьи сутки примерно на 31 %. Возможно, данный рост фосфатов обусловлен ошибкой измерения. В пробе «пробиотик + аэрация» содержание фосфатов на протяжении всего исследования уменьшалось. Максимальный эффект удаления составил 62 %.

Кроме того, проводились исследования изменения показателей качества воды в пробе с добавлением пробиотика и раствора сахара и постоянно осуществляемой аэрацией, однако при таком сочетании не удалось достичь максимального удаления большинства примесей, находящихся в воде (снижение ХПК происходило на 34,05 %, АПАВ – на 81,2 %). Было зафиксировано снижение фосфатов в сточной воде с добавлением пробиотика и раствора сахара на 82,58 %, что выше чем в пробе «пробиотик + аэрация».

Также рассматривался вариант предварительного двухчасового отстаивания перед введением пробиотических средств в сточную воду. Выяснилось, что таким образом можно добиться очистки воды от взвешенных веществ на 76,7 %, жиров, АПАВ на 66 % и примерно на 30–40 % снизить значения ХПК и аммонийного азота, что значительно сокращает нагрузку на сооружения биологической очистки.

Исходя из проведенных экспериментов и сделанных на их основе выводов, предлагается следующая технологическая схема очистки смеси производственных сточных вод молокозавода (рис. 7).

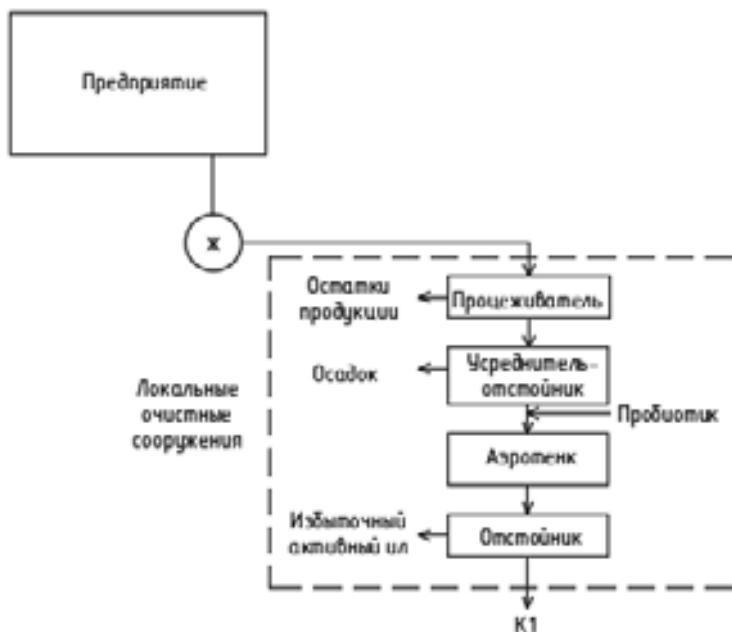


Рис. 7. Предлагаемая технологическая схема очистки сточных вод предприятия молочной промышленности:

Ж – колодец-жироуловитель;

К1 – хозяйственно-бытовая сеть канализации

Согласно данной схеме сточные воды от предприятия поступают в колодец-жироуловитель, где происходит удаление большей части жиров и нефтепродуктов. После этого стоки направляются на локальные очистные сооружения (ЛОС). На ЛОС стоки сначала проходят процеживатели (механическая очистка) для удаления остатков продукции, затем поступают в усреднитель-отстойник. Здесь происходит не только усреднение стоков в связи с их неравномерным поступлением на очистку, но и взаимная нейтрализация стоков (так как стоки, в зависимости от типа промывки, могут иметь значения показателя рН от 5 до 11,5) и первичное отстаивание от взвешенных веществ. После осветления вода поступает на сооружения биологической очистки, перед которыми вводится пробиотик с концентрацией 0,01 мг/дм³. Опираясь на полученные результаты эксперимента, можно предположить, что в аэробных условиях пробиотическое средство позволяет увеличить эффективность биоочистки в аэротенке с продленной аэрацией. Далее для разделения иловой смеси предусмотрены вторичные отстойники. После локальной очистки сточная вода может быть сброшена в существующую систему хозяйственно-бытовой канализации города (К1). В случае необходимости сброса очищенных стоков в водоем или частичного возврата в производственный процесс возможен вариант устройства мембранного биореактора (МБР) и обеззараживающей ультрафиолетовой установки.

Выводы. 1. Из всех изученных способов обработки наиболее эффективным вариантом оказалось использование пробиотиков при постоянно осуществляемой аэрации сточных вод. При этом достигалось максимальное удаление органических веществ (через трое суток концентрация ХПК снижалась на 85,36 %, АПАВ – на 62,34 %). Наблюдалось и значительное снижение ионов аммония, нитратов и фосфатов на 43,5; 61,12 и 61,98 % соответственно.

2. При выборе технологической схемы локальной очистной станции для комплексной очистки сточных вод необходимо включить в технологическую схему аэротенк с продленной аэрацией.

3. На основании проведенных экспериментов предложена технологическая схема очистки сточных вод молокозавода: Жироловка – Процеживатели – Усреднитель-отстойник – Введение пробиотика – Аэротенк – Отстойник (или МБР при необходимости) – УФО (при необходимости).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Развитие молочной перерабатывающей промышленности [Электронный ресурс] // Тюменская область. Официальный портал органов государственной власти. – Режим доступа: https://admtymen.ru/ogv_ru/finance/apk/dev_characteristics/more.htm?id=10293310 %40cmsArticle (дата обращения: 19.04.2019).
2. Sidorenko O, Zemlyanova M, Vialkova E. Investigation of the probiotic agent influence on the sewage quality and active sludge properties// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. V. 451. Pp. 1-6.
3. Мазуряк О. Н. Очистка сточных вод молокозаводов // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2016. Т.1. С. 432–440.
4. Дятлова Т. В., Певнев С. Г., Федоровская Т. Г. Очистка сточных вод молокозаводов // Водоснабжение и санитарная техника. 2008. № 2. С.12-15.
5. Данилович Д. А., Максимова А. А. Современные решения по локальной очистке сточных вод предприятий молочной промышленности // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2014. № 3. С. 55–63.
6. Mohan S. V., Babu V. L., Sarma P. N. Anaerobic biohydrogen production form dairy wastewater treatment in sequencing batch reactor (AnSBR): Effect of organic loading rate // Enzyme and Microbial Technology. 2007. V.41. Is. 4. Pp. 506-515.
7. Birwal, P., Deshmukh, G., Priyanka, Saurabh SP. Advanced Technologies for Dairy Effluent Treatment // Journal of Food, Nutrition and Population Health. 2017. V.1. № 1:7.
8. Lauer M., Hansen J. K., Lamers P., Thrän D. Making money from waste: The economic viability of producing biogas and biomethane in the Idaho dairy industry // Applied Energy. 2018. V.222. Pp. 621-636.
9. Escalante H., Castro L., Amaya M.P., Jaimes L., Jaimes-Estévez J. Anaerobic digestion of cheese whey: Energetic and nutritional potential for dairy sector in developing countries // Waste Management. 2018. V.71. Pp. 711-718.
10. Domingues R. F., Sanches T., Silva G.S., Bueno B.E., Ribeiro R., Kamimura E., R. Franzolin Neto, Tommaso G. Effect of enzymatic pretreatment on the anaerobic digestion of milk fat for biogas production // Food Research International. 2015. V.73. Pp. 26-30.
11. Mahvi A. Sequential batch reactor: A promising technology in waste water treatment // Iranian J En Health Sci Eng. 2008. V.5. Pp. 79-90.
12. Luo, J., Ding L. Influence of pH on treatment of dairy wastewater by nanofiltration using shear-enhanced filtration system // Desalination. 2011. V.278. Pp. 150-156.
13. Kyrychuk, I., Zmievskii, Y. and Myronchuk, V. Treatment of Dairy Effluent Model Solutions by Nanofiltration and Reverse Osmosis // Ukrainian Food Journal. 2014. V.3. Pp. 280-287.

14. Luo, J., Ding, L., Qi, B., Jaffrin, M.Y., Wan, Y. A. Two-stage Ultrafiltration and Nanofiltration Process for Recycling Dairy Wastewater // *Bioresource Technology*. 2011. V.102. Pp. 7437-7442.
15. Chen Z., Luo J., Wand Y., Cao W., Qi B., Wan Y. A novel membrane-based integrated process for fractionation and reclamation of dairy wastewaters // *Chemical Engineering Journal*. 2017. V.333. Pp. 1061-1070.
16. Markou V., Kontogianni M., Frontistis Z., Tekerlekopoulou A. G., Katsaounis A., Vayenas D. Electrochemical treatment of biologically pre-treated dairy wastewater using dimensionally stable anodes // *Journal of Environmental Management*. 2017. V.202. Pp. 217-224.
17. Aitbara A., Cherifi M., Hazourli S., Leclerc J. Continuous treatment of industrial dairy effluent by electrocoagulation using aluminum electrodes // *Desalination and Water Treatment*. 2014. V.57. Pp. 3395-3404.
18. Zielinski M., Debowski M., Krzemieniewski M., Brudniak A. Effectiveness of Dairy Wastewater Treatment in Anaerobic Reactors with Magnetoactive Filling // *Environmental Progress and Sustainable Energy*. 2015. V.34. Pp. 427-431.
19. Микробиологическая деструкция поверхностно-активных веществ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.biofine.ru/bfin-201.html> (дата обращения: 19.04.2019).
20. Маркин В.В. Интенсификация работы канализационных очистных сооружений курортных населенных пунктов с помощью пробиотических средств: автореф. дис. ...канд. техн. наук. Макеевка, 2017. 25 с.
21. Микробиологические результаты обработки помешений пробиотиками в условиях стационара: научно-исследовательский отчет / Компания «Кризал». 2007. 27 с.
22. Caselli E., D'Accolti M., Vandini A., Lanzoni L., Camerada M. T., Coccagna M., Branchini A., Antonioli P., Balboni P. G., Luca D., Mazzacane S. Impact of a Probiotic-Based Cleaning Intervention on the Microbiota Ecosystem of the Hospital Surfaces: Focus on the Resistome Remodulation // *Journal PLOS One*. 2016.
23. Фаучи В., Коста Г. Б., Анастази Ф., Фаччола А., Грилло О. К., Скверри Р. Инновационный подход к госпитальной санитарии [Электронный ресурс]. 2013. Режим доступа: <http://probiotica.ru/news/8408/> (дата обращения: 19.04.2019).
- Series: *Materials Science and Engineering*, 2018, V. 451, pp. 1-6.
3. Mazuryak O.N. Dairy wastewater treatment. *Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika* [Modern technologies in construction. Theory and Practice], 2016, V.1, pp. 432–440. (in Russian)
4. Dyatlova T.V., Pevnev S.G., Fedorovskaya T.G. Treatment of dairy wastewaters. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water Supply and Sanitary], 2008, no 2, pp. 12-15 (in Russian)
5. Danilovich D.A., Maksimova A.A. Modern solutions of dairy wastewaters local treatment. *Nailuchshie dostupnye tekhnologii vodosnabzheniya i vodootvedeniya* [Best available technologies in Water Supply and Sewage], 2014, no 3, pp. 55–63 (in Russian)
6. Mohan S.V., Babu V.L., Sarma P.N. Anaerobic biohydrogen production from dairy wastewater treatment in sequencing batch reactor (AnSBR): Effect of organic loading rate. *Enzyme and Microbial Technology*, 2007, V.41, I. 4, pp. 506-515.
7. Birwal P., Deshmukh G., Priyanka Saurabh SP. Advanced Technologies for Dairy Effluent Treatment. *Journal of Food, Nutrition and Population Health*, 2017, V.1, no 1:7.
8. Lauer M., Hansen J.K., Lamers P., Thrän D. Making money from waste: The economic viability of producing biogas and biomethane in the Idaho dairy industry. *Applied Energy*, 2018, V.222, pp. 621-636.
9. Escalante H., Castro L., Amaya M.P., Jaimes L., Jaimes-Estévez J. Anaerobic digestion of cheese whey: Energetic and nutritional potential for dairy sector in developing countries. *Waste Management*, 2018, V.71, pp. 711-718.
10. Domingues R.F., Sanches T., Silva G.S., Bueno B.E., Ribeiro R., Kamimura E., R. Franzolin Neto, Tommaso G. Effect of enzymatic pretreatment on the anaerobic digestion of milk fat for biogas production. *Food Research International*, 2015, V.73, pp. 26-30.
11. Mahvi A. Sequential batch reactor: A promising technology in waste water treatment. *Iranian J En Health Sci Eng*, 2008, V.5, pp. 79-90.
12. Luo J., Ding L. Influence of pH on treatment of dairy wastewater by nanofiltration using shear-enhanced filtration system. *Desalination*, 2011, V.278, pp. 150-156.
13. Kyrychuk I., Zmievskii Y., Myronchuk V. Treatment of Dairy Effluent Model Solutions by Nanofiltration and Reverse Osmosis. *Ukrainian Food Journal*, 2014, V.3, pp. 280-287.
14. Luo J., Ding L., Qi B., Jaffrin M.Y., Wan Y.A. Two-stage Ultrafiltration and Nanofiltration Process for Recycling Dairy Wastewater. *Bioresource Technology*, 2011, V.102, pp. 7437-7442.
15. Chen Z., Luo J., Wand Y., Cao W., Qi B., Wan Y. A novel membrane-based integrated process for fractionation and reclamation of dairy wastewaters. *Chemical Engineering Journal*, 2017, V.333, pp. 1061-1070.
16. Markou V., Kontogianni M., Frontistis Z., Tekerlekopoulou A.G., Katsaounis A., Vayenas D. Elec-

REFERENCES

1. *Razvitie molochnoj pererabatyvayushchej promyshlennosti* [Development of dairy industry]. Available at: https://admtymen.ru/ogv_ru/finance/apk/dev_characteristics/more.htm?id=10293310_%40cmsArticle (accessed 19.04.2019).
2. Sidorenko O, Zemlyanova M, Vialkova E. Investigation of the probiotic agent influence on the sewage quality and active sludge properties. IOP Conference

trochemical treatment of biologically pre-treated dairy wastewater using dimensionally stable anodes. *Journal of Environmental Management*, 2017, V.202, pp. 217-224.

17. Aitbara A., Cherifi M., Hazourli S., Leclerc J. Continuous treatment of industrial dairy effluent by electrocoagulation using aluminum electrodes. *Desalination and Water Treatment*, 2014, V.57, pp. 3395-3404.

18. Zielinski M., Debowski M., Krzemieniewski M., Brudniak A. Effectiveness of Dairy Wastewater Treatment in Anaerobic Reactors with Magnetoactive Filling. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, 2015, V.34, pp. 427-431.

19. Mikrobiologicheskaya destruktziya poverkhnostno-aktivnykh veshchestv [Microbial destruction of surfactants]. Available at: <http://www.biofine.ru/bfin-201.html> (accessed 19.04.2019).

20. Markin V.V. Intensifikatsiya raboty kanalizatsionnykh ochistnykh sooruzheniy s pomoshch'yu probioticheskikh sredstv. *Kand. tekhn. Nauk, Diss.* [Intensification of wastewater treatment facilities in resort towns using probiotics. Candidate of Engineering Sciences Diss.]. Makeevka, 2017, 25 p.

21. Mikrobiologicheskie rezul'taty obrabotki pomeshcheniy probiotikami v usloviyakh statsionara: nauchno-issledovatel'skiy otchet (Microbial results of rooms treatment with probiotics in hospitals: research report). Company "Chrisal", 2007, 27 p.

22. Caselli E., D'Accolti M., Vandini A., Lanzoni L., Camerada M.T., Coccagna M., Branchini A., Antonioli P., Balboni P.G., Luca D., Mazzacane S. Impact of a Probiotic-Based Cleaning Intervention on the Microbiota Ecosystem of the Hospital Surfaces: Focus on the Resistome Remodulation. *Journal PLOS One*, 2016.

23. Fauchi V., Kosta G.B., Anastazi F., Fachchola A., Grillo O.K., Skveri R. Innovatsionnyy podkhod k gos-pital'noy sanitarii [Innovative approach to hospital sanitation]. Available at: <http://probiotica.ru/news/8408/> (accessed 19.04.2019).

Об авторах:

ВЯЛКОВА Елена Игоревна

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения
Тюменский индустриальный университет
625000, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 38
E-mail: vyalkova-e@yandex.ru

VIALKOVA Elena I.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Water Supply and Sewerage Chair
Industrial University of Tyumen
625000, Russia, Tyumen, Volodarskogo str., 38,
tel.: (982)789-53-64
E-mail: vyalkova-e@yandex.ru

СИДОРЕНКО Ольга Владимировна

кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой водоснабжения и водоотведения
Тюменский индустриальный университет
625000, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 38
E-mail: sidorenkoov@tyuiu.ru

SIDORENKO Olga V.

PhD in Engineering Science, the Head of the Water Supply and Sewerage Chair
Industrial University of Tyumen
625000, Russia, Tyumen, Volodarskogo str., 38,
tel.: (961)211-51-18
E-mail: sidorenkoov@tyuiu.ru

ГЛУЩЕНКО Екатерина Сергеевна

магистрант
Тюменский индустриальный университет
625000, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 38
E-mail: ekaterina.glushchenko.1997@mail.ru

GLUSHENKO Ekaterina S.

Master's Degree Student
Industrial University of Tyumen
625000, Russia, Tyumen, Volodarskogo str., 38,
tel.: (919)927-10-61
E-mail: ekaterina.glushchenko.1997@mail.ru

Для цитирования: Вялкова Е.И., Сидоренко О.В., Глущенко Е.С. Влияние пробиотических средств на качество очистки сточных вод предприятий молочной промышленности // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 47–55. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.7.

For citation: Vialkova E.I., Sidorenko O.V., Glushchenko E.S. Influence of probiotic products on the quality of waste water treatment in dairy industries. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 47–55. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.7.

А. К. СТРЕЛКОВ
Ю. Н. ЗОТОВ
И. Ю. МИХАЙЛОВА

**О ВНЕСЕНИИ ИЗМЕНЕНИЙ В СВОД ПРАВИЛ 30.13330.2016
«ВНУТРЕННИЙ ВОДОПРОВОД И КАНАЛИЗАЦИЯ ЗДАНИЙ.
АКТУАЛИЗИРОВАННАЯ РЕДАКЦИЯ СНиП 2.04.01-85*»**

ON AMENDMENTS TO THE REGULATIONS 30.13330.2016,
«INTERNAL WATER PIPELINE AND SEWERAGE OF BUILDINGS. ACTUALIZED
EDITION OF CONSTRUCTION STANDARDS AND REGULATIONS 2.04.01-85»

Статья посвящена практической реализации результатов анализа взаимосвязи системы технического регулирования в строительстве и нормативному регулированию отношений по предоставлению коммунальных услуг. Рассмотрены изменения в текущей нормативной документации в сфере водоснабжения многоквартирных домов. Показана необходимость совершенствования методологических основ проектирования внутридомовых систем холодного и горячего водоснабжения многоквартирного дома и создания легитимного методического инструментария. Разработаны рекомендации по совершенствованию свода правил 30.13330.2016 «Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85». Приведены изменения в СП 30.13330.2016 и результаты их экспертизы.*

Ключевые слова: методическое обеспечение, свод правил, внутренняя система водоснабжения, многоквартирный дом

The article is devoted to the practical implementation of the results of the analysis of the relationship between the system of technical regulation in construction and the regulatory regulation of relations for the provision of public services. Changes in the current normative documentation in the sphere of water supply of apartment buildings are considered. It is shown that it is necessary to improve the methodological basis for designing in-house systems of cold and hot water supply in an apartment building and to create a legitimate methodological tool. Recommendations for improving the regulations 30.13330.2016, «internal water pipeline and sewerage of buildings. Actualized edition of construction standards and regulations 2.04.01-85» are proposed. Changes in the Construction Regulations 30.13330.2016 and the results of their expertise are given.

Keywords: methodological support, regulations, internal water supply system, apartment building

Существующие в настоящее время требования нормативно-правовых документов к внутренним централизованным системам хозяйственно-питьевого водоснабжения многоквартирных домов (МКД), изложенные в федеральном законе «Градостроительный Кодекс Российской Федерации» (№ 190-ФЗ от 29.12.2004 г.), в полном объеме не реализованы в нормативно-технических документах. В частности требование п. 24 ст. 1, установившее функциональное назначение водопроводной сети как части системы коммунальной инфраструктуры, а также требование п. 10 ст. 55.24 Градостроительного Кодекса, в соответствии с которым эксплуатация многоквартирных домов должна осуществляться с учетом требований жилищного законодательства, не конкретизированы в своде правил 30.13330.2016 «Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*» (СП

30.13330.2016). Изменение функционального назначения водопроводной сети подтверждено также п. 5 ст. 2 федерального закона «О водоснабжении и водоотведении» (№ 416-ФЗ от 7.12.2011 г.). Указанный пробел в нормативно-технической документации не позволит провести однозначную оценку соответствия проектных решений внутренних систем хозяйственно-питьевого водоснабжения МКД, выполненных в соответствии с рекомендациями СП 30.13330.2016, обязательным требованиям федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (№ 384-ФЗ от 30.12.2009 г.).

В этой связи разработка легитимного методического инструментария, а именно изменений в СП 30.13330.2016, является своевременной и актуальной задачей.

Анализ принципов регулирования, требований нормативно-правовых и реко-

мендаций нормативно-технических документов в сфере водоснабжения МКД. Результаты анализа принципов регулирования, требований нормативно-правовых, а также рекомендаций нормативно-технических документов в сфере водоснабжения МКД представлены в [1].

Целью разработки изменений к своду правил в области проектирования внутренних систем водопровода холодной и горячей воды в строящихся и реконструируемых МКД является реализация требований федерального закона № 384-ФЗ по обеспечению безопасных для здоровья человека условий проживания и пребывания в многоквартирных домах.

Задачами разработки проекта изменения к СП 30.13330.2016 являются:

- учет требований в действующих нормативно-правовых документах в части эксплуатации МКД в СП 30.13330.2016;
- уточнение положений по проектированию внутренних систем водоснабжения МКД в части учета требований к формированию методического обеспечения деятельности, регулирующей функционирование системы коммунальной инфраструктуры.

Правовой основой анализа СП 30.13330.2016 явились нормы федерального закона «О техническом регулировании» (№ 184-ФЗ от 27.12.2002 г.), устанавливающие общие принципы формирования обязательных требований к объекту регулирования. Исходя из норм федеральных законов № 190-ФЗ и № 416-ФЗ следует, что внутренние системы хозяйственно-питьевого водоснабжения МКД относятся к двум областям регулирования и поэтому система технического регулирования должна быть взаимоувязана и скоординирована с системой регулирования отношений по предоставлению коммунальных ресурсов и услуг потребителям. При этом взаимосвязь систем должна обеспечиваться путем соподчиненности требований технического регламента о безопасности зданий и сооружений и требований жилищного законодательства на основе единого подхода к оценке обеспечения безопасного функционирования предмета регулирования.

Применительно к процессам проектирования внутренних систем хозяйственно-питьевого водоснабжения МКД основными нормативно-правовыми документами являются федеральные законы «Градостроительный Кодекс Российской Федерации», «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», «О водоснабжении и водоотведении».

Основными нормативно-техническими документами применительно к процессам проектирования внутренних систем хозяйственно-питьевого водоснабжения МКД являются

своды правил СП 30.13330.2016 и СП 31.13330.2012 «СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84* (утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации № 635/14 от 29.12.2011 г.).

Основными источниками жилищного права (жилищного законодательства) являются: «Конституция Российской Федерации» (принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 г.); «Жилищный кодекс Российской Федерации» (№ 188-ФЗ от 29.12.2004 г.); «Градостроительный Кодекс Российской Федерации»; «Гражданский Кодекс Российской Федерации» (№ 51-ФЗ от 29 ноября 1994 г.) и другие правовые документы. При этом, с точки зрения иерархии правовых норм, нормы федерального закона № 188-ФЗ (ч. 8, ст. 8) имеют приоритет перед нормами законов и иных правовых актов в области жилищного законодательства [2].

Стандарты и нормы предоставления жилищных и коммунальных услуг, выраженные в количественных измерителях, устанавливаются федеральным органом исполнительной власти – Постановлением Правительства Российской Федерации (ПП РФ). Такими основными нормативными документами являются:

- «Об утверждении Правил установления и определения нормативов потребления коммунальных услуг и нормативов потребления коммунальных ресурсов в целях содержания общего имущества в многоквартирном доме» (ПП РФ № 306 от 23.05.2006 г.);
- «Об утверждении Правил содержания общего имущества в многоквартирном доме и Правил изменения размера платы за содержание жилого помещения в случае оказания услуг и выполнения работ по управлению, содержанию и ремонту общего имущества в многоквартирном доме ненадлежащего качества и (или) с перерывами, превышающими установленную продолжительность» (ПП РФ № 491 от 13.08.2006 г.);
- «Правила предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов» (ПП РФ № 354 от 6.05.2011 г.);
- «О правилах, обязательных при заключении договоров снабжения коммунальными ресурсами» (ПП РФ № 124 от 14.02.2012 г.);
- «Об утверждении правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» (ПП РФ № 644 от 29.07.2013 г.);
- ГОСТ Р 51617-2014 «Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами. Коммунальные услуги. Общие

требования» (Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11.06.2014 г. № 544-ст);

- ГОСТ Р 56501-2015 «Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами. Услуги содержания внутридомовых систем теплоснабжения, отопления и горячего водоснабжения многоквартирных домов. Общие требования» (Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.06.2015 г. № 823-ст);

- ГОСТ Р 56533-2015 «Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами. Услуги содержания внутридомовых систем холодного водоснабжения многоквартирных домов. Общие требования» (Приказ Федерального агентства по техническому

му регулированию и метрологии от 29.07.2015 г. № 1003-ст).

Основные требования к формированию методического обеспечения системы технического регулирования и деятельности, регулирующей функционирование системы коммунальной инфраструктуры, представлены в таблице.

Анализ основных требований к формированию методического обеспечения в части систем хозяйственно-питьевого водоснабжения МКД позволяет сделать однозначный вывод о единой цели деятельности по предоставлению коммунальных услуг и реализации требований федерального закона № 384-ФЗ по обеспечению безопасных для здоровья человека условий проживания и пребывания в зданиях и сооружениях. Поэтому методология проек-

Основные требования к формированию методического обеспечения

Система технического регулирования в строительстве	Система регулирования коммунальной инфраструктуры
<ol style="list-style-type: none"> 1. Водоснабжение является регулируемым видом деятельности, целью которой является охрана здоровья и улучшение качества жизни населения путем обеспечения бесперебойного и качественного водоснабжения с использованием централизованных и нецентрализованных систем холодного и горячего водоснабжения. 2. Обеспечение санитарно-эпидемиологических норм обеспечивается устройством в МКД систем водоснабжения и водоотведения. 3. Безопасные для здоровья человека условия проживания и пребывания в МКД обеспечиваются соответствием качества питьевой воды гигиеническим нормативам. 4. Требуемое качество питьевой воды обеспечивается при эксплуатации посредством подачи требуемого количества воды и предотвращения ее загрязнения. 5. Энергетическая эффективность систем водоснабжения МКД в процессе их эксплуатации обеспечивается исключением нерациональных расходов и рациональным использованием энергетических ресурсов 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Водоснабжение является регулируемым видом деятельности, обеспечивающей безопасные для здоровья человека проживание и пребывание в МКД. 2. Коммунальной услугой водоснабжения является деятельность по подаче потребителям в МКД коммунального ресурса (воды) в соответствии с нормативами потребления. 3. Нормативы потребления устанавливаются независимо от наличия в МКД приборов учета. 4. Нормативы потребления определяются в расчете на месяц потребления коммунального ресурса. 5. Требование доступности услуг – предоставление коммунальной услуги водоснабжения должно осуществляться бесперебойно либо с перерывами, не превышающими продолжительность, соответствующую требованиям к качеству коммунальной услуги. 6. Требование насыщения потребления – предоставление коммунальной услуги гарантируемого качества. 7. Конструкция внутренних систем водоснабжения МКД и их параметры должна обеспечивать возможность транспортировки коммунального ресурса и потребления коммунальных услуг гарантированного качества. 8. Предоставление коммунального ресурса и оказание коммунальной услуги осуществляется на основе договоров между ресурсоснабжающей организацией, исполнителем услуг и потребителем или между ресурсоснабжающей организацией и потребителем

тирования систем хозяйственно-питьевого водоснабжения МКД должна учитывать новые параметры гидравлических закономерностей, характеризующих особенности деятельности по предоставлению коммунальных услуг, основные из которых – требования доступности услуг и насыщения потребления. При этом главным параметром при проектировании систем водоснабжения является расход воды, а выполнение требований доступности услуг и насыщения потребления при проектировании достигается:

- выбором параметров внутренних систем водоснабжения МКД, обеспечивающих возможность транспортировки коммунального ресурса в любой момент возникновения потребности в коммунальных услугах;
- выбором величин диаметров труб и типоразмеров оборудования исходя из величин предельных (пиковых) расходов коммунального ресурса;
- определением величин предельных расходов коммунального ресурса исходя из нормативов их потребления;
- установлением границ как между централизованной и внутридомовой частями, так и между внутридомовой и внутриквартирной частями системы водоснабжения МКД;
- раздельным определением величин предельных расходов в жилых помещениях, а также величин расходов на общедомовые нужды и при использовании земельных участков на основе соответствующих нормативов потребления коммунальной услуги или коммунального ресурса по соответствующим моделям водопотребления;
- определением величин расчетных (интегральных) расходов на отдельных участках системы водоснабжения с учетом дифференциации по времени суток потребления коммунального ресурса и коммунальных услуг различными потребителями.

Изменения в СП 30.13330.2016. В СП следует внести следующие изменения.

Раздел Введение дополнить абзацем, содержащим сведения об авторах, Изменения.

Раздел Нормативные ссылки дополнить перечнем национальных стандартов ГОСТ Р, вошедших в серию «Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами»: ГОСТ Р 51617-2014 «Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами. Коммунальные услуги. Общие требования», ГОСТ Р 56501-2015 «Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами. Услуги содержания внутридомовых систем теплоснабжения, отопления и горячего

водоснабжения многоквартирных домов. Общие требования», ГОСТ Р 56533-2015 «Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами. Услуги содержания внутридомовых систем холодного водоснабжения многоквартирных домов. Общие требования».

Подраздел 3.1 дополнить терминами и определениями, содержащимися в национальных стандартах ГОСТ Р, вошедших в серию «Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами»: внутридомовая система горячего водоснабжения многоквартирных домов (совокупность разводящих трубопроводов, стояков, включая запорные устройства, устройства учета, автоматики, контроля и регулирования, технологически соединенных между собой), внутридомовая система холодного водоснабжения многоквартирных домов (совокупность трубопроводов, устройств, аппаратуры и оборудования технологически соединенных между собой и с водопроводной сетью, обеспечивающих прием поставляемого коммунального ресурса, его учет, регулировку при необходимости и подачу в места непосредственного потребления), коммунальные услуги (осуществление деятельности исполнителя по подаче потребителям любого коммунального ресурса в отдельности или двух и более из них в любом сочетании с целью обеспечения благоприятных и безопасных условий использования жилых, нежилых помещений, общего имущества в многоквартирном доме, а также земельных участков и расположенных на них жилых домов (домовладений), коммунальные ресурсы (холодная вода, горячая вода, электрическая энергия, газ, тепловая энергия, теплоноситель в виде горячей воды в открытых системах теплоснабжения (горячего водоснабжения), бытовой газ в баллонах, твердое топливо при наличии печного отопления, используемые для предоставления коммунальных услуг и потребляемые при содержании общего имущества в многоквартирном доме), и вводимыми впервые: «диктующий ввод в жилое помещение» (наиболее высоко расположенный и наиболее удаленный от точки присоединения внутридомовой системы водоснабжения к централизованной сети узел ввода в жилое помещение с максимальной величиной предельного расхода и требуемого свободного напора), «коммунальная услуга гарантированного качества» (деятельность по подаче холодной и горячей воды потребителям в многоквартирных домах не ниже установленных Постановлением Правительства Российской Федерации № 354 от 6.05.2011 г.), «предельный расход» (расчетный расход на участке внутренней си-

стемы хозяйственно-питьевого водоснабжения многоквартирного дома, соответствующий величине пикового расхода коммунальных ресурсов исходя из нормативов их потребления). Подраздел 3.2: дополнить таблицу следующими обозначениями:

$Q_{u,m}^c$ – величина расхода холодной воды одним человеком в средние сутки, м³/(сут·чел.);

$Q_{u,m}^h$ – величина расхода горячей воды одним человеком в средние сутки, м³/(сут·чел.);

$Q_{u,max}^c$ – величина максимального суточного расхода холодной воды одним человеком, м³/(сут·чел.);

$Q_{u,max}^h$ – величина максимального суточного расхода горячей воды одним человеком, м³/(сут·чел.);

$K_{dl,max}$ – коэффициент максимальной суточной неравномерности водопотребления;

Q_U^c – величина максимального суточного расхода холодной воды для одного жилого помещения, м³/сут;

Q_U^h – величина максимального суточного расхода горячей воды для одного жилого помещения, м³/сут;

$q_{T,U}^c$ – величина среднечасового расхода холодной воды для одного жилого помещения, л/ч;

$q_{T,U}^h$ – величина среднечасового расхода горячей воды для одного жилого помещения, л/ч;

$K_{hr,max}^c$ – величина коэффициента максимальной часовой неравномерности водопотребления холодной воды исходя из числа санитарных приборов, установленных в одном жилом помещении;

$K_{hr,max}^h$ – величина коэффициента максимальной часовой неравномерности водопотребления горячей воды исходя из числа санитарных приборов, установленных в одном жилом помещении;

$q_{hr,U}^c$ – величина максимального часового расхода холодной воды для одного жилого помещения, л/ч;

$q_{hr,U}^h$ – величина максимального часового расхода горячей воды для одного жилого помещения, л/ч;

$q^{lim,c}$ – величина предельного секундного расхода холодной воды для одного жилого помещения, л/с;

$q^{lim,h}$ – величина предельного секундного расхода горячей воды для одного жилого помещения, л/с.

Раздел Водопровод дополнить пунктами, которые учитывают требования к проектированию и расчету систем водоснабжения многоквартирных домов, содержащиеся в стандартах и нормах жилищных и коммунальных услуг:

5.2.1.3. Системы холодного и горячего водоснабжения многоквартирных домов должны

обеспечивать возможность транспортировки коммунального ресурса в любой момент возникновения потребности в коммунальных услугах гарантируемого качества;

5.2.1.4. Расчетные (предельные) расходы воды в системах холодного и горячего водоснабжения многоквартирных домов следует определять исходя из нормативов потребления коммунальных ресурсов и услуг;

5.2.2.9. Выбор величин диаметров труб и типоразмеров оборудования систем холодного и горячего водоснабжения многоквартирных домов осуществляется исходя из величин пиковых (предельных) расходов коммунального ресурса по методике, приведенной в приложении Ж;

5.2.2.10. Величины пиковых расходов в жилых помещениях, а также величин расходов на общедомовые нужды и при использовании земельных участков определяются отдельно на основе соответствующих нормативов потребления коммунальных ресурсов или услуг по соответствующим моделям водопотребления;

5.2.2.11. Определение величины расчетного (интегрального) расхода на отдельных участках системы водоснабжения многоквартирного дома проводится с учетом дифференциации по времени суток потребления коммунальных ресурсов и услуг различными потребителями;

5.4.17. Сети водопровода холодной воды многоквартирных домов следует проектировать с учетом требований 5.2.1.3;

5.5.6. Сети водопровода горячей воды многоквартирных домов следует проектировать с учетом требований 5.2.1.3.

СП 30.13330.2016 дополнить приложением Ж, в котором приведена Методика определения расчетных (предельных) расходов холодной и горячей воды в централизованных системах хозяйственно-питьевого водоснабжения многоквартирных домов.

Приложение Ж. 1. Методика определения расчетных (предельных) расходов холодной и горячей воды в централизованных системах хозяйственно-питьевого водоснабжения многоквартирного дома на вводе в жилое помещение. Определение расчетных (предельных) расходов воды производится на основании следующих исходных данных: нормативы потребления холодной (с) и горячей (h) воды в жилых помещениях $N_w^{c(h)}$, м³/(мес·чел.); общая площадь квартиры $S_{общ}$, м²; норма предоставления жилой площади $S_{нор}$, м², или число потребителей коммунальных услуг в жилом помещении U, чел.; число санитарных приборов, установленных в квартире N, шт.

Расчет проводится в следующей последовательности:

– определяется величина расхода воды одним человеком в средние сутки:

$$Q_{u,m}^{c(h)} = \frac{N_w^{c(h)}}{28}, \text{ м}^3/(\text{сут} \cdot \text{чел.}); \quad (1)$$

где 28 – минимальное число дней в феврале;

– определяется число жителей в квартире (в случае отсутствия данных о числе потребителей коммунальных услуг в жилом помещении):

$$U = \frac{S_{\text{общ}}}{S_{\text{нор}}}, \text{ чел.}; \quad (2)$$

– определяется величина максимального суточного расхода воды одним человеком:

$$Q_{u,max}^{c(h)} = Q_{u,m}^{c(h)} \cdot K_{dl,max}, \text{ м}^3/(\text{сут} \cdot \text{чел.}), \quad (3)$$

где $K_{dl,max}$ – коэффициент максимальной суточной неравномерности водопотребления, который следует определять по СП 31.13330.2012 «СНиП 2.04.02 - 84*». Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». Актуализированная редакция СНиП 2.04.02 - 84*;

– определяется величина максимального суточного расхода воды для одного жилого помещения:

$$Q_U^{c(h)} = Q_{u,max}^{c(h)} \cdot U, \text{ м}^3/\text{сут}; \quad (4)$$

– определяется величина среднечасового расхода воды для одного жилого помещения:

$$q_{T,U}^{c(h)} = 1000 \cdot \frac{Q_U^{c(h)}}{24}, \text{ л/ч}; \quad (5)$$

– определяется, по табл. Б.1 и п. 5.2.2 СП 30.13330.2016 «Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*», величина коэффициента максимальной часовой неравномерности водопотребления исходя из числа санитарных приборов, установленных в одном жилом помещении $K_{hr,max}^c$ ($K_{hr,max}^h$);

– определяется величина максимального часового расхода для одного жилого помещения:

$$q_{hr,U}^{c(h)} = q_{T,U}^{c(h)} \cdot K_{hr,max}^{c(h)}, \text{ л/ч}; \quad (6)$$

– определяется величина предельного секундного расхода для одного жилого помещения:

$$q_{lim,c(h)} = \frac{q_{hr,U}^{c(h)}}{3600}, \text{ л/с}. \quad (7)$$

Рассчитанные по формулам (1) – (7) величины предельных расходов используются в качестве исходных данных для проведения гидравлического расчета внутридомовых систем водоснабжения и подбора внутриквартирного оборудования.

2. Методика определения расчетных (предельных) расходов холодной и горячей воды в централизованных системах хозяйствен-

но-питьевого водоснабжения многоквартирного дома на участках внутридомовых систем водоснабжения. Определение расчетных (предельных) расходов воды на отдельных участках внутридомовых систем хозяйственно-питьевого водоснабжения производится аналогично определению расчетных (предельных) расходов холодной и горячей воды в централизованных системах хозяйственно-питьевого водоснабжения многоквартирного дома на вводе в жилое помещение. Отличие расчета заключается в выборе величин числа потребителей коммунальных услуг в жилых помещениях U , чел., и числа санитарных приборов, установленных в жилых помещениях N , шт., на предыдущих участках внутридомовой системы водоснабжения.

При определении предельных расходов воды для многоквартирного дома исходными данными для расчета будет общее число потребителей коммунальных услуг в жилых помещениях МКД U , чел., и общее число санитарных приборов, установленных в жилых помещениях МКД, N , шт.

В случае совпадения по времени суток потребления коммунальных ресурсов и услуг на хозяйственно-питьевые нужды, общедомовые нужды и при использовании земельных участков интегральные расчетные (предельные) расходы представляют их сумму.

Раздел Библиография дополнить перечнем федеральных законов: «Градостроительный Кодекс Российской Федерации», «Жилищный Кодекс Российской Федерации», «Гражданский Кодекс Российской Федерации».

Экспертиза изменений в СП 30.13330.2016.

Предложения по внесению изменений в СП 30.13330.2016 были рассмотрены в Подкомитете по инженерным системам зданий и сооружений Комитета по конструктивным, инженерным и технологическим системам Национального объединения изыскателей и проектировщиков (НОПИЗ), получили одобрение и направлены в Федеральное автономное учреждение «Проектная дирекция Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации» (ФАУ «ФЦС») для учета при актуализации СП 30.13330.2016.

Выводы. 1. Методология проектирования систем водоснабжения МКД должна включать в себя основные требования к формированию методического обеспечения деятельности регулирующей функционирование системы коммунальной инфраструктуры.

2. Изменения в текст СП 30.13330.2016 позволят уточнить его содержание и конкретизировать отдельные элементы проектирования и расчета внутренних систем водоснабжения многоквартирных домов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Михайлова И.Ю. Определение расчетных расходов во внутренних централизованных системах хозяйственно-питьевого водоснабжения многоквартирных домов // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9, № 4. С. 53–60. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.9.

2. Комментарий к Жилищному кодексу Российской Федерации (постатейный) / О.А. Городов, А.К. Губаева, К.К. Лебедев, В.Ф. Попондопуло, М.Н. Долгопольный, С.В. Стрембелев. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Проспект, 2017. 252 с.

2. Gorodov O. A., Gubaeva A. K., Lebedev K. K., Popondopulo V. F., Dolgopolyy M. N., Strembelev S. V. *Kommentariy k Zhilishchnomu kodeksu Rossiyskoy Federatsii (postateynyy)*. 4-e izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe [Commentary on the Housing code of the Russian Federation (article by article). 4th edition, revised and expanded]. M.: Prospekt, 2017. 252 p.

REFERENCES

1. Mikhailova I.Yu. Determination of calculated costs in internal centralized systems of drinking water supply of multi-apartment houses. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2019, Vol. 9, no. 4, pp. 53-60. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.04.9.

Об авторах:

СТРЕЛКОВ Александр Кузьмич

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. (846) 339-14-11
E-mail: a19400209@yandex.ru

STRELKOV Alexander K.

Doctor of Engineering Science, Professor, Head of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244, tel. (846) 339-14-11
E-mail: a19400209@yandex.ru

ЗОТОВ Юрий Николаевич

кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. (846) 339-14-76
E-mail: nauka_zotov@mail.ru

ZOTOV Yuri N.

PhD of Engineering Science, Associate Professor of Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244, tel. (846) 339-14-76
E-mail: nauka_zotov@mail.ru

МИХАЙЛОВА Ирина Юрьевна

инженер общепольничного немедицинского персонала Самарская областная детская клиническая больница имени Н.Н. Ивановой 443079, Россия, г. Самара, ул. Карла Маркса, 165-А, тел. (846) 207-30-43
E-mail: vk-sgasu.zotova@yandex.ru

MIKHAILOVA Irina Yu.

Engineer of General Hospital Non-medical Personnel Samara regional children's clinical hospital named after N. N. Ivanova 443079, Russia, Samara, Karla Marksa str., 165-A, tel: (846) 207-30-43
E-mail: vk-sgasu.zotova@yandex.ru

Для цитирования: Стрелков А.К., Зотов Ю.Н., Михайлова И.Ю. О внесении изменений в свод правил 30.13330.2016 «Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*» // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 56–62. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.8.

For citation: Strelkov A.K., Zotov Yu.N., Mikhailova I.Yu. On amendments to the regulations 30.13330.2016, «internal water pipeline and sewerage of buildings. Actualized edition of construction standards and regulations 2.04.01-85». *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 56–62. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.8.



П. А. ФЕДОРОВ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ДИФФУЗИИ CO₂ В МЕЛКОЗЕРНИСТОМ БЕТОНЕ РАЗНОЙ ПЛОТНОСТИ

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING
THE EFFECTIVE CO₂ DIFFUSION COEFFICIENT
IN FINE-GRAINED CONCRETE OF DIFFERENT DENSITIES

Рассмотрены прямые и косвенные методы определения эффективного коэффициента диффузии CO₂ в бетоне. Описаны особенности диффузионного процесса в капиллярно-пористом теле. По результатам испытаний образцов мелкозернистого бетона с разной плотностью проведён сравнительный анализ значений коэффициентов, полученных основными методами. Критериями для сравнения были приняты зависимость водоцементного отношения от диффузии, а также скорость карбонизации от времени. Установлено наличие значительных отклонений в бетонах низкой проницаемости коэффициентов, полученных методами мембраны 72 % и электропроводности бетона, насыщенного электролитом 85 % в бетоне пониженной проницаемости, от значений, полученных методом карбонизации.

Ключевые слова: диффузия, углекислый газ, эффективный коэффициент диффузии, мелкозернистый бетон, мембрана, электропроводность, карбонизация бетона

Для эксплуатационной среды промышленной зоны, в том числе объектов нефтегазовой отрасли, характерной особенностью является присутствие агрессивных источников. В работе [1] указывается, что в зонах добычи углеводородного сырья одним из наиболее опасных источников является повышенная концентрация CO₂. Для зоны размещения факельной установки со сложными климатическими условиями, такими как туманы и высокая температура воздуха, концентрация CO₂ может достигать 0,3 %. Например, в работе [2] установлено, что

Direct and indirect methods for determining the effective diffusion coefficient of CO₂ in concrete are considered. The features of the diffusion process in a capillary-porous body are described. Based on the test results of samples of fine-grained concrete with different densities, a comparative analysis of the coefficients obtained by the main methods was carried out. The criteria for comparison were the dependence of the water-cement ratio on diffusion, as well as the rate of carbonization on time. The presence of significant deviations in the low permeability concretes of the coefficients obtained by the membrane methods of 72 % and the electrical conductivity of concrete saturated with electrolyte 85 % in the low permeability concrete from the values obtained by the carbonization method was established.

Keywords: diffusion, carbon dioxide, effective diffusion coefficient, fine-grained concrete, membrane, electrical conductivity, concrete carbonization

наиболее распространённой причиной коррозии надземных железобетонных конструкций является негерметичность технологического оборудования.

В результате действия CO₂ железобетонные конструкции подвергаются процессу карбонизации. При этом происходит потеря пассивирующих свойств защитного слоя по отношению к стали. Из-за попадания агрессивных элементов в зону стальной арматуры происходит её быстрая коррозия и последующее растрескивание бетона.

Одним из основных параметров, влияющих на кинетику процесса карбонизации, является диффузия CO_2 в бетоне. В настоящее время нет единого подхода к определению этого параметра, что связано со сложностью физико-химического процесса переноса вещества в капиллярно-пористом теле. Особенно усложняется этот процесс с учётом следующих факторов: химических реакций взаимодействия газа со стенками капилляра, нестационарных температурно-влажностных условий, насыщенности влагой пор и давления газа. Существенную роль играет размер диаметров капилляров. Например, для бетонов особо низкой проницаемости характерны поры с маленьким диаметром. В большей части они возможно заполнены СНС-гелем. В результате происходит дополнительное торможение протекания газа.

Необходимо отметить, что существуют значения эффективных коэффициентов диффузии CO_2 для бетонов, которые приведены в СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии» в качестве требований к бетону. Эти значения зависят от концентрации газа, толщины защитного слоя и срока службы конструкции. Однако в них отсутствует привязка к плотности бетонов, что затрудняет их применение в производстве.

Поэтому целью работы является выявление области рационального применения методов определения эффективного коэффициента диффузии CO_2 для мелкозернистых бетонов.

Определение эффективного коэффициента диффузии осуществляют прямыми (метод мембраны, метод послойного химического анализа и др.) и косвенными методами (метод карбонизации бетона, метод электропроводности бетона и др.). Для сравнительного анализа рассмотрим наиболее распространённые методы: метод мембраны; метод карбонизации бетона; метод электропроводности бетона, насыщенного электролитом.

Метод мембраны или метод диафрагмы является традиционным для различных тел. Суть метода – берётся герметичная камера и разделяется на две части перегородкой из контрольного образца. В одну часть подаётся газ, который перемещается во вторую через мембрану под действием концентрации и давления. Основным преимуществом этого метода является изучение физических процессов переноса вещества по классической схеме путём замера концентрации агрессивного вещества в двух частях камеры, а также скорости потока движения газа за определённый промежуток времени. Недостатком метода является то, что при инфильтрации газа через капилляр газ полностью или его часть расходуется на взаимо-

действие со стенками капилляра. В результате происходит образование карбонатных соединений и уплотнение капилляра, затрудняющего прохождение новой порции газа. Для решения данной проблемы применяют подсушивание контрольных образцов. Однако подсушивание может привести к частичному нарушению порового пространства из-за миграции влаги к поверхности образца. Ещё одним недостатком этого метода является наличие избыточного давления, способствующего значительному повышению скорости протекания диффузии и химических реакций. Процесс протекает уже по закону Дарси – контролируется конвективным потоком газа. Это приводит к существенному отличию от процессов, протекающих в естественных условиях.

Частным случаем метода мембраны является использование вместо CO_2 инертных газов. Например, в качестве инертного газа по отношению к бетону может применяться азот N_2 . Для снижения давления в конструкции диффузионной камеры в работе [3] была предложена система рециркуляции воздушной системы и контроль давления в каждой из частей камеры. Недостатком метода мембраны с инертным газом является то, что метод не учитывает образование продуктов карбонизации в капилляре, следовательно, происходит искажение полученных значений. Для учёта этого фактора общая пористость бетона после карбонизации определяется разностью между первичной пористостью бетона и объёмом продуктов карбонизации гидратных фаз. Методика расчёта описана в работе [3].

По результатам регрессионного анализа данных, полученных этим методом, в работе [3] была предложена следующая модель:

$$D' = 6,1 \times 10^{-6} \left(\frac{\varepsilon_c - \varepsilon_{air}}{1 - \frac{A}{\rho_A} - \varepsilon_{air}} \right)^3 \left(1 - \frac{RH}{100} \right)^{2,2}, \quad (1)$$

где ε_c – общая пористость бетона после карбонизации; ε_{air} – воздухоовлечение бетонной смеси; ρ_A – средняя плотность заполнителя, кг/м^3 ; A – расход заполнителя, кг/м^3 .

Метод карбонизации бетона основывается на результатах ускоренной карбонизации и нормируется ГОСТ 31383-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний». Преимущество этого метода заключается в учёте количества CO_2 на границе твёрдого тела и агрессивной среды, а также количества поглощённого газа стенками твёрдой фазы. Недостатком метода является то, что определение D' осуществляется по кинетике карбонизации бетона. В настоящее время от-

существует единая модель расчёта этой кинетики. Так, в работах [4–6] определение кинетики карбонизации бетона производится по закону «корня квадратного от времени». Например, в работе [4] предложено определять D' по результатам измерения глубины карбонизации бетона, окрашенной индикатором фенолфталеина, а именно:

$$D' = \frac{m_0 \cdot x^2}{2 \cdot c_0 \cdot t}, \quad (2)$$

где x – глубина карбонизации по фенолфталеину, м; c_0 – концентрация CO_2 в атмосфере в долях единицы; t – срок службы конструкции, с; m_0 – реакционная способность бетона, кг/м^3 .

В работах [7, 8] по результатам лабораторных, натурных испытаний и численного моделирования установлено, что кинетика карбонизации бетона может описываться по закону «корня n -степени от времени». При этом прослеживается зависимость n -степени от плотности бетона [7].

Ещё одним недостатком этого метода является то, что при обследовании эксплуатируемых конструкций практически утрачивается исходная документация по виду и расходу цемента. В результате прогнозирования долговечности этих конструкций инженерам приходится пользоваться справочными данными, которые могут существенно давать большие погрешности, либо проводить анализ структуры тонкими методами, в том числе химическим способом, что достаточно трудоёмко.

При этом реакционная ёмкость определяется по формуле

$$m_0 = 0,4 \cdot f \cdot p \cdot Ц, \quad (3)$$

где f – степень карбонизации бетона; p – относительное содержание CaO в цементе; $Ц$ – расход цемента, кг/м^3 .

Уточнённой моделью определения реакционной ёмкости является модель с учётом известного минералогического состава цемента в бетоне, его содержания и степени гидратации [5]:

$$m_0 = \frac{Ц}{1000} [220\alpha(C_3S + C_2S) + 175\alpha(C_3A + C_4AF)], \quad (4)$$

где C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF – количественный состав основных минералов цемента, %; α – степень гидратации, в расчётах принято 1.

Метод электропроводности бетона, насыщенного электролитом, основан на определении электропроводности поровой жидкости как электролита в бетоне и последующего определения эффективного коэффициента диффузии в капиллярно-пористом теле при различной влажности [9]. Достоинством этого метода является то, что он позволяет быстро определить сквозную пористость тела с учётом её извилистости. Недостатками метода являются: зависимость точности измерения от наличия блуждающих токов, проходящих по стенкам образца; влияние контактной зоны «бетон-электрод» и «жидкая фаза-электрод», которые чувствительны к измерительной системе; в методиках отсутствуют указания, в какой момент осуществлять измерение сопротивления образца (до карбонизации либо после неё).

Расчёт эффективного коэффициента диффузии в этом методе рекомендуется осуществлять по следующей зависимости [9]:

$$D' = D \left(\frac{R_0}{R_N} - \frac{R_0}{R_w} \right), \quad (5)$$

где D – молекулярный коэффициент диффузии CO_2 в воздухе, $\text{м}^2/\text{с}$; R_0 – омическое сопротивление жидкой фазы образца, Ом; R_N – сопротивление образца при полном водонасыщении, Ом; R_w – сопротивление образца при w -влажности агрессивной среды, Ом.

Материалы и методики

С целью получения расчётных параметров зависимостей (1), (2) и (5) были приняты образцы мелкозернистого бетона с разной плотностью. Они изготавливались из порландцемента марки «СЕМ II/A-Ш32,5Б» (ЗАО «Катавский цемент») с содержанием минеральной добавки из доменного шлака 18,5 % и средней плотностью 3100 кг/м^3 . Химический и минералогический (расчётный) составы клинкера, а также доменного шлака приведены в табл. 1.

В качестве мелкого заполнителя принимался речной кварцевый песок месторождения «Киешкинское» близ станции Уршак (Республика Башкортостан) средней плотностью 2400 кг/м^3 , модулем крупности $M_k=2,4$ и содержанием глинистых частиц 0,8 %. Воздухововлечение

Таблица 1

Состав вяжущего вещества и минеральной добавки

Химический состав клинкера, %					Минералогический состав клинкера, %				
CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₂	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
63,18	20,61	5,61	4,40	1,95	0,25	52,4	19,6	7,3	13,2
Примерный химический состав доменного шлака Магнитогорского металлургического комбината [10]									
SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	MnO	SO ₃	Fe ₂ O ₃			
35,7	40,1	14,4	5,5	1,0	1,2	0,9			

бетонной смеси образцов составило 2 %. Составы образцов мелкозернистого бетона с результатами определения марки по водонепроницаемости, водопоглощению и средней плотности образцов приведены в табл. 2.

По классификации Н.К. Розенталя [11] образцы типов 1 и 2 относятся к бетонам нормальной проницаемости, а бетоны типов 3–6 к пониженной проницаемости.

Определение D' при методе мембраны осуществлялось аналитическим способом на основе данных по химическому составу клинкера и минеральной добавки (см. табл. 1), а также составов образцов. Методика расчёта [3], ориентированная на цемент типа «СЕМ II», включала в себя: расчёт количества основных гидратных фаз (CH, CSH, CASH, CAFH) цементного камня в бетоне; расчёт первоначальной общей пористости бетона; расчёт пористости бетона, уплотнённого продуктами карбонизации; определение эффективного коэффициента диффузии CO_2 .

Для расчёта эффективного коэффициента диффузии CO_2 по модели (3) были проведены ускоренные испытания карбонизации

образцов размером $40 \times 40 \times 160$ мм в среде: концентрация газа 5 % по объёму, относительная влажность 75 %, температура 20 °С. Все грани за исключением нижней покрывались парафином. Период выдержки образцов в камере составил 47 сут (4×10^6 с). Измерение глубины карбонизации осуществлялось с применением индикатора 5 % фенолфталеина по методике, описанной в работе [12]. Результаты сколов образцов с указанием глубины карбонизации приведены на рис. 1.

При расчёте реакционной ёмкости цемента по зависимости (2) значение степени карбонизации бетона принято по ГОСТ 31383-2008. С целью сопоставления коэффициентов диффузии CO_2 при этом методе дополнительно определялась реакционная ёмкость по зависимости (4).

Определение значений D' для исследуемых образцов по методу электропроводности бетона, насыщенного электролитом, осуществлялось по зависимости (5), с учётом экспериментальных значений сопротивлений жидкой фазы и образцов, полученных по методике [9]. Измерения сопротивлений проводились с по-

Таблица 2

Составы образцов мелкозернистого бетона

Тип состава	Содержание материалов, кг/м ³			В/Ц	Водопоглощение, %	W	Средняя плотность, кг/м ³
	цемент	песок	вода				
1	453	1480	316	0,70	8,2	2	2114
2	457	1495	297	0,65	6,7	2	2249
3	461	1512	277	0,60	6,1	4	2114
4	467	1527	257	0,55	5,8	4	2205
5	471	1542	237	0,50	4,3	6	2198
6	477	1561	215	0,45	4,0	8	2162

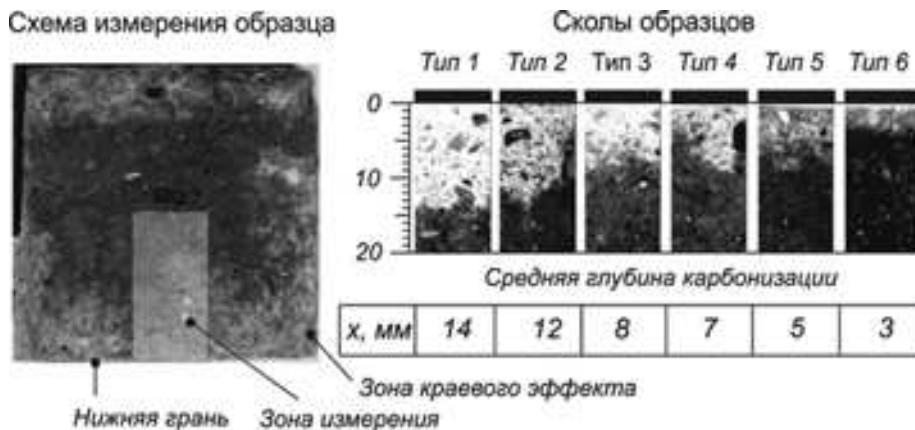


Рис. 1. Сколы контрольных образцов после 45 сут выдержки в среде CO_2 5 % по объёму

мощью моста переменного тока марки «P5058». Electroды размерами 25×25 мм приняты из нержавеющей стали для исключения воздействия коррозионных процессов. Снижение влияния поляризации электродов в цепи с переменным током осуществляется с помощью магазина сопротивлений марки «МСР-63» с установленным сопротивлением 7 кОм. При переменном токе магазин сопротивлений выполняет роль катушки индуктивности, осуществляющей функцию сглаживания помех в цепи. Общий вид установки приведен на рис. 2.

Определение сопротивления жидкой фазы в бетоне осуществлялось на образцах 40×40×40 мм. Эти образцы подвергались ускоренной карбонизации в течение 50 сут. Перед каждым измерением торцы образцов шлифовались, обеспыливались и покрывались в местах контакта с электродом графитовой пастой, а боковые стенки парафином. Для обеспечения плотного контакта электроды прижимались с усилием 0,2–0,3 МПа к образцу с помощью струбины через прокладки из оргстекла. Вначале измерялось сопротивление жидкой фазы в порах бетона при рабочей влажности 75 %. После этого образцы насыщались электролитом до постоянной массы и производилось измерение в насыщенном состоянии.

Для определения удельного сопротивления электролита использовалась водная вытяжка состава 1:10 из дроблёного образца цементного камня 40×40×160 мм с В/Т = 0,5. Водная вытяжка заливалась в полиэтиленовый цилиндр диаметром 10 мм и высотой 35 мм. С помощью моста измерялось сопротивление R'_0 . По результатам измерения осуществлялись расчёты удельного сопротивления электролита и омического сопротивления жидкой фазы в объёме исследуемого образца R_0 .

Удельное сопротивление жидкости в объёме составило 122,1 Ом·см, что коррелирует с работами [9, 11]. В качестве D в формуле (5) принималось значение $1,65 \cdot 10^{-5}$ м²/с, которое соответствует диффузии газа в воздухе при температуре 293 К [13].

Результаты

Результаты определения эффективного коэффициента диффузии CO_2 в бетоне, полученные разными методами, приведены в виде графика зависимости водоцементного отношения от D' .

Анализ результатов показал, что рассмотренные методы в целом имеют результат с одной размерностью (рис. 3). Однако существует ряд различий. Так, при сравнении D' , полученных

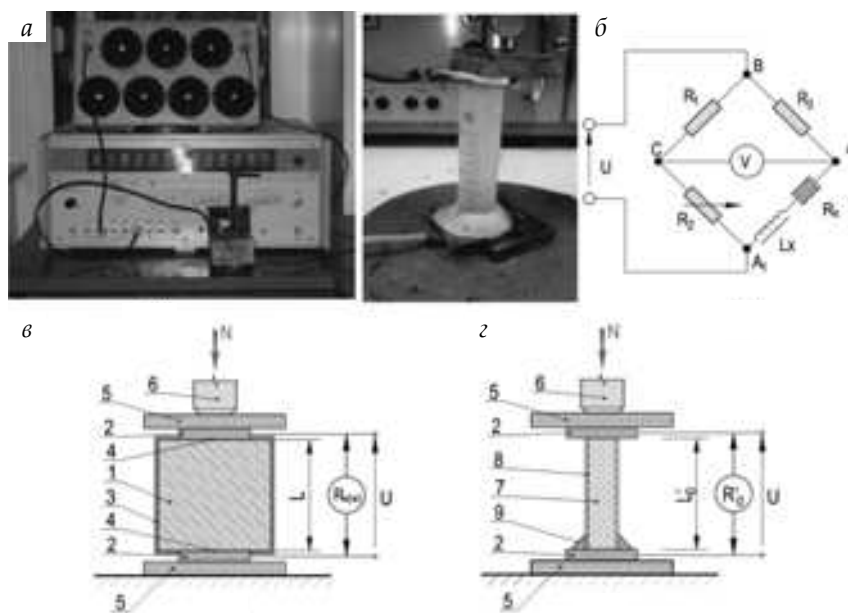


Рис. 2. Установка для испытания образцов методом электропроводности бетонов, насыщенных электролитом: а – общий вид установки; б – мостовая схема подключения образцов; в – схема для измерения сопротивления жидкой фазы в бетоне; г – схема для измерения сопротивления жидкой фазы в объёме; 1 – образец; 2 – титановый электрод; 3 – покрытие из парафина; 4 – слой из графитовой пасты; 5 – прокладка из оргстекла; 6 – головка струбины (пресса); 7 – электролит; 8 – пластиковый цилиндр; 9 – герметик

по модели (2), с разным подходом в определении реакционной ёмкости, для всех марок водонепроницаемости погрешность составляет 13 %. Расхождения между значениями D' метода электропроводности проницаемости от значений D' метода карбонизации в бетонах нормальной проницаемости совпадают, а в бетонах низкой проницаемости имеют существенную погрешность 85 %. Аналогичную высокую погрешность 72 % имеет метод мембраны от метода карбонизации.

На рис. 4 приведены графики изменения глубины карбонизации (x) от времени (T) для типов 3 и 6. Они построены по зависимости (4), так как в настоящее время эта модель нормируется ГОСТ 31383-2008. За рабочую концентрацию принята концентрация CO_2 , равная 0,1 %, соответствующая промышленной зоне.

Для образца типа 3 с В/Ц=0,6 (рис. 4, а) наибольшую скорость карбонизации бетона показывает график, где D' получено по модели (6), а наименьшее – с D' по модели (7) и определением реакционной ёмкости по формуле (8). Для типа 6 (В/Ц=0,45) с пониженной проницаемостью (рис. 4, б) наибольшую скорость карбонизации показывает график, эффективный коэффициент диффузии CO_2 которого расчи-

тан по методу электропроводности бетона, насыщенного электролитом.

Полученные результаты со значительными отклонениями в подходах определения эффективного коэффициента CO_2 в бетоне пониженной проницаемости объясняется следующим. При понижении плотности мелкозернистого бетона меняется механизм протекания газа, т. е. переход из воздушной среды в пар, а затем в поровую жидкость и CSH-гель. Это тормозит процесс диффузии. Часть газа может под давлением проскакивать вглубь капилляра на значительное расстояние. Этот процесс зависит от многих факторов, в том числе от сквозной пористости. Метод карбонизации фокусируется на пористости поверхностного слоя (измерение глубины карбонизации по окраске индикатора), в отличие от методов мембраны и электропроводности, учитывающих весь объём образца. Кроме того, существует погрешность самого индикатора. Возможно, метод карбонизации в совокупности с послойным химическим анализом частично коррелирует значения D' .

Для проницаемых бетонов это различие незначительное, так как в порах присутствует воздушная среда или пар. Следовательно, метод электропроводности является альтерна-

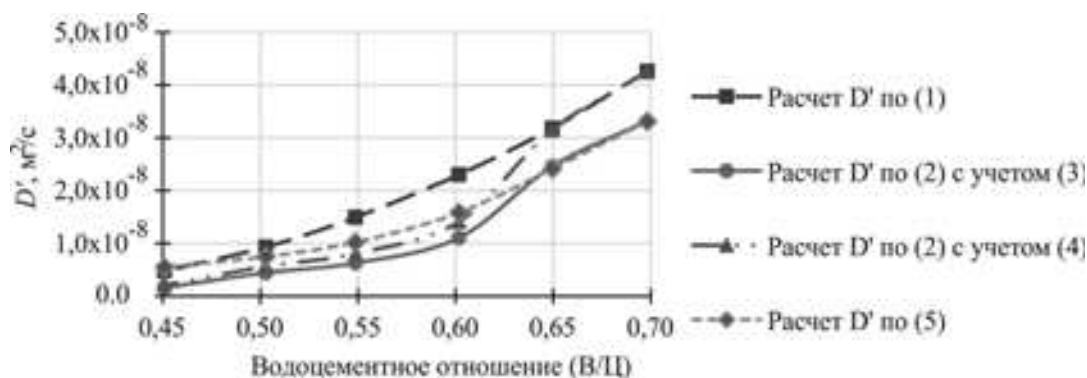


Рис. 3. Изменение D' от водоцементного отношения

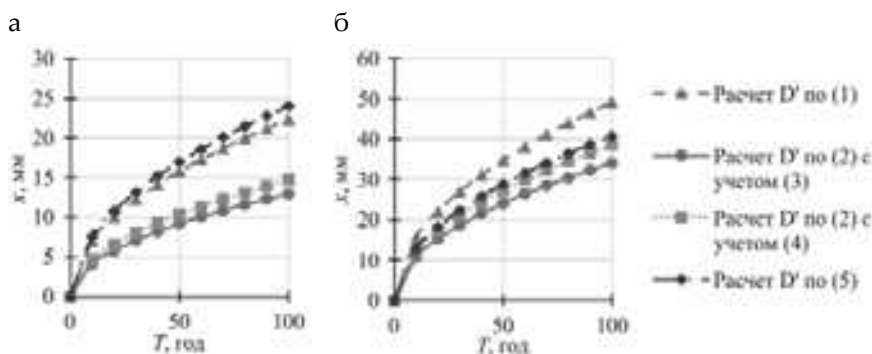


Рис. 4. Зависимость глубины карбонизации (x) от времени (T): а – для образца типа 3; б – для образца типа 6

тивным методом карбонизации из-за возможности получения данных о структуре образца, особенно о механизме карбонизации в бетонах пониженной и особо низкой проницаемости. Необходимо отметить, что метод мембраны практически коррелирует с результатами метода электропроводности.

Выводы. Установлено, что значения D' , полученные методами электропроводности бетонов и мембраны, имеют значительные расхождения от значений метода карбонизации в бетоне пониженной проницаемости, которые вызваны тем, что последний не учитывает прорыв молекул газа. Метод электропроводности бетона при определении D' рационально применять на карбонизированных образцах, так как в этом случае будут учитываться продукты химической реакции газа со стенками капилляра. Для исследования диффузионной проницаемости бетонов пониженной и особо низкой проницаемости более рациональны методы мембраны и электропроводности бетона, так как позволяют установить структурные характеристики капиллярно-пористого тела.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федоров П.А., Абдуллин М.М., Абдуллин В.М., Нигматуллин Э.И. Вероятность безотказной работы надводной части нефтедобывающих железобетонных морских стационарных платформ гравитационного типа // Нефтегазовое дело. 2019. Т. 17, № 2. С. 111–120.
2. Полак А.Ф., Гельфман Г.Н., Яковлев В.В. Антикоррозионная защита строительных конструкций на химических и нефтехимических предприятиях. Уфа: Башкирское книжное издательство, 1980. 80 с.
3. Papadakis V.G., Vayennas C.G., Fardis M.N. Physical and chemical characteristics affecting the durability of concrete // ACI Materials Journal, Vol. 88, No. 2, 1991. pp. 186–196.
4. Алексеев С.Н., Розенталь Н.К. Коррозионная стойкость железобетонных конструкций в агрессивной промышленной среде. М.: Стройиздат, 1976. 205 с.
5. Новгородский В.И. Основы долговечности железобетонных конструкций. М.: Издательство «Спутник», 2015. 362 с.
6. Gehlen C. Probabilistische Lebensdauerbemessung von Stahlbetonbauwerken: Zuverlässigkeitsbetrachtungen zur wirksamen Vermeidung von Bewehrungskorrosion. Berlin: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2000. 106 pp.
7. Анваров А.Р., Федоров П.А., Латыпова Т.В., Луцык Е.В., Гильмутдинов Т.З., Латыпов Т.В. Кинетика карбонизации мелкозернистого бетона в нормальных температурно-влажностных условиях эксплуатации // VIII Академические чтения РААСН. 2014. С. 12–22.
8. Ming-Te Liang L., Shieng-Min. Mathematical modeling and applications for concrete carbonation //

Journal of Marine Science and Technology, Vol. 11, No. 1, 2001. pp. 20–33.

9. Полак А. Ф., Иванов Ф. М., Яковлев В. В., Кравцов В. М. Метод определения эффективных коэффициентов диффузии агрессивного вещества в жидкой и газовой фазах капиллярно-пористого тела // Строительные конструкции и материалы. Труды НИИ-промстроя. 1977. № 22. С. 121–126.

10. Артамонова А.В., Воронин К.М. Шлакощелочные вяжущие на основе доменных гранулированных шлаков центробежно-ударного измельчения // Цемент и его применение. 2011. № 4. С. 108–113.

11. Розенталь Н.К. Коррозионная стойкость цементных бетонов низкой и особо низкой проницаемости. М.: ФГУП ЦПП, 2006. 520 с.

12. Fedorov P.A., Anvarov A.R., Lutsyk E.V., Latypov V.M., Latypova T.V. Kinetics of fine concrete carbonation in humid operational environment // International Journal of Applied Engineering Research, Vol. 11, No. 11, 2016. pp. 7439–7445.

13. Справочник химика: Химическое равновесие и кинетика. Свойства растворов. Электродные процессы. 2-е изд. Т.3 / ред. Б.П. Никольский. М., 1965. 1004 с.

REFERENCES

1. Fedorov P.A., Abdullin M.M., Abdullin V.M., Nigmatullin E.I. Probability of no-failure operation of the surface part of oil-containing reinforced concrete marine stationary platforms of gravitational type. *Neftegazovoe delo* [Oil and Gas Industry], 2019, V. 17, I. 2, pp. 111-120. (in Russian) DOI 10/17122/ngdelo-2019-2-111-120
2. Polak A.F., Gel'fman G.N., Yakovlev V.V. *Antikorrozionnaya zashchita stroitel'nykh konstruktсий na khimicheskikh i neftekhimicheskikh predpriyatiyakh* [Corrosion protection of building structures at chemical and petrochemical enterprises]. Ufa, Bashkirskoe knizhnoe izdatel'stvo Publ., 1980. 80 p.
3. Papadakis V.G., Vayennas C.G., Fardis M.N. Physical and chemical characteristics affecting the durability of concrete. *ACI Materials Journal*, 1991, V. 88, I. 2, pp. 186-196.
4. Alekseev S.N., Rozental' N.K. *Korrozionnaya stoykost' zhelezobetonnykh konstruktсий v agressivnoy promyshlennoy srede* [Corrosion resistance of reinforced concrete structures in an aggressive industrial environment]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1976. 205 p.
5. Novgorodskiy V.I. *Osnovy dolgovechnosti zhelezobetonnykh konstruktсий* [The basics of durability of reinforced concrete structures]. Moscow, Sputnik Publ., 2015. 362 p.
6. Gehlen C. *Probabilistische Lebensdauerbemessung von Stahlbetonbauwerken: Zuverlässigkeitsbetrachtungen zur wirksamen Vermeidung von Bewehrungskorrosion*. Diss. [Probabilistic service life assessment of reinforced concrete structures: Reliability considerations for the effective avoidance of reinforcement corrosion. Diss.]. Berlin, 2000. 106 p.

7. Anvarov A.R., Fedorov P.A., Latypova T.V., Lutsyk E.V., Gil'mutdinov T.Z., Latypov T.V. Kinetics of carbonization of fine-grained concrete in normal temperature and humidity conditions. *VIII Akademicheskie chteniya RAASN* [Academic Readings of RAASN]. Kazan, 2014, pp. 12-22. (in Russian)

8. Ming-Te Liang L., Shieng-Min. Mathematical modeling and applications for concrete carbonation. *Journal of Marine Science and Technology*, 2001, V. 11, I. 1, pp. 20-33.

9. Polak A.F., Ivanov F.M., Yakovlev V.V., Kravtsov V.M. Method for determining the effective diffusion coefficients of an aggressive substance in the liquid and gas phases of a capillary-porous body. *Stroitel'nye konstruksii i materialy. Trudy NIIProstroya* [Building structures and materials. Proceedings of NIIProstroy], 1977, no. 22, pp. 121-126. (in Russian)

10. Artamonova A.V., Voronin K.M. Slag-alkali binders based on blast furnace granulated slags of centrifugal impact grinding. *Tsement i ego primeneniye* [Cement and its Application], 2011, no. 4, pp. 108-113. (in Russian)

11. Rozental' N.K. *Korroziionnaya stoykost' tsementnykh betonov nizkoy i osobo nizkoy pronitsaemosti* [Corrosion resistance of low and extremely low permeability cement concrete]. Moscow, FGUP TsPP Publ., 2006. 520 p.

12. Fedorov P.A., Anvarov A.R., Lutsyk E.V., Latypov V.M., Latypova T.V. Kinetics of fine concrete carbonation in humid operational environment. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2016, V. 11, I. 11, pp. 7439-7445.

13. Nikol'skiy B.P. *Spravochnik khimika: Khimicheskoe ravnovesie i kinetika. Svoystva rastvorov. Elektroodnye protsessy. 2-e izd. T. 3.* [Chemistry Handbook: Chemical Equilibrium and Kinetics. Properties of solutions. Electrode processes. 2nd ed. Vol. 3]. Moscow, 1965. 1004 p.

Об авторе:

ФЕДОРОВ Павел Анатольевич

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительных конструкций
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Архитектурно-строительный институт
450062, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
E-mail: fpa_idpo@mail.ru

FEDOROV Pavel A.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Building Structures Chair
Ufa State Petroleum Technological University
Institute of Architecture and Civil Engineering
450062, Russia, Republic of Bashkortostan, Ufa,
Kosmonavtov Street, 1
E-mail: fpa_idpo@mail.ru

Для цитирования: Федоров П.А. Сравнительный анализ методов определения эффективного коэффициента диффузии CO₂ в мелкозернистом бетоне разной плотности // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 63–70. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.9.

For citation: Fedorov P.A. Comparative analysis of methods for determining the effective CO₂ diffusion coefficient in fine-grained concrete of different densities. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 63–70. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.9.



С. В. ЕВДОКИМОВ
В. А. СЕЛИВЕРСТОВ
А. А. ОРЛОВА

РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОФАКТОРНОГО АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

RESULTS OF MULTI-FACTOR ANALYSIS OF THE CONDITION OF HYDROTECHNICAL CONSTRUCTIONS

Контроль над состоянием основных гидротехнических сооружений Жигулевской ГЭС осуществляется по данным наблюдений за контрольно-измерительной аппаратурой, установленной в сооружениях и в их основании, а также по результатам систематических осмотров и обследований, проводимых как персоналом электростанции, так и приглашёнными экспертами. На гидростанции внедряется компьютерная информационно-диагностическая система контроля состояния сооружений. Внедрение этой системы вызвало необходимость обратить внимание на достоверность получаемых с помощью контрольно-измерительной аппаратуры результатов. Целью исследований является проведение многофакторного анализа состояния гидротехнических сооружений Жигулевской ГЭС по результатам натурных наблюдений за всеми приборами. Установлено, что противofiltrационные элементы подземного контура здания ГЭС оказались для конкретных геологических условий основания недостаточно эффективными с точки зрения гашения фильтрационного напора. Основное падение напора в основании происходит на верховом зубе здания ГЭС, где наблюдается максимальный градиент фильтрации, что весьма опасно. В процессе исследований было выявлено, что несколько пьезометров в основании не работают или их показания вызывают большие сомнения, требуется их ремонт и замена. По результатам работы сделан вывод, что необходимо оснастить основные пьезометры здания ГЭС дистанционными измерителями уровня воды и создать на их базе автоматизированную систему опроса и контроля состояния основания.

Control over the state of the main hydraulic structures of Zhiguli hydroelectric power station is carried out according to observations of the control and measuring equipment installed in the facilities and in their base, as well as the results of systematic inspections and surveys conducted by both the power plant personnel and invited experts. A computer information and diagnostic system for monitoring the condition of facilities is being introduced at the hydroelectric power station. The introduction of this system made it necessary to pay attention to the reliability of the results obtained with the help of instrumentation. The aim of the research is to conduct a multivariate analysis of the state of hydraulic structures Zhigulevskaya HPP on the results of field observations of all devices. It is established that the anti-filtration elements of the underground circuit of the HPP building were not effective enough for the specific geological conditions of the base in terms of damping the filtration head. The main pressure drop in the base occurs on the upper tooth of the HPP building, where the maximum filtration gradient is observed, which is very dangerous. In the course of research it was found that several piezometers in the base do not work or their indications cause great doubts, their repair and replacement are required. According to the results of the work, it is concluded that it is necessary to equip the main piezometers of the HPP building with remote water level meters and create an automated system of survey and monitoring of the base state on their basis.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, информационно-диагностическая система, пьезометр, фильтрационный напор, контрольно-измерительная аппаратура, противofiltrационные элементы

Keywords: hydraulic structures, information and diagnostic system, piezometer, filtration pressure, test equipment, impervious elements

В настоящее время основной контроль над состоянием основных гидротехнических сооружений Жигулевской ГЭС осуществляется по данным наблюдений за контрольно-измерительной аппаратурой, установленной на самих сооружениях и в их основаниях, а также по результатам систематических осмотров и обследований, проводимых как персоналом электростанции, так и приглашёнными экспертами.

На основании анализа результатов натуральных наблюдений и обследований квалифицированные эксперты делают заключение о состоянии гидротехнических сооружений.

В соответствии с последней редакцией Правил технической эксплуатации электростанций [1] формулировка «анализ результатов натуральных наблюдений» была заменена формулировкой «многофакторный анализ состояния сооружения». Это позволяет при анализе состояния гидротехнических сооружений гидроузлов оценивать все действующие факторы.

Безусловным фактором во всех случаях является то, что анализ состояний сооружений квалифицированными экспертами должен выполняться каждые пять лет. В данном анализе помимо оценки состояния самих сооружений должна даваться оценка надёжности и достоверности получаемых по контрольно-измерительной аппаратуре результатов, а также обеспечиваться достаточная работоспособность самой контрольно-измерительной аппаратуры.

Последний анализ состояния гидротехнических сооружений Жигулёвской ГЭС проводился в 1991 г. За прошедший с этого момента период на гидростанции начала внедряться компьютерная информационно-диагностическая система контроля состояния сооружений. Внедрение этой системы вызвало необходимость обратить самое серьёзное внимание на достоверность получаемых с помощью контрольно-измерительной аппаратуры результатов, так как именно по ним система контролирует состояние сооружений.

На основании обработки полученных материалов авторами выполнен многофакторный анализ состояния гидротехнических сооружений Жигулевской ГЭС, представленный ниже. По некоторым группам приборов для анализа использован весь период наблюдения [2–4].

Здание ГЭС расположено у правого берега реки Волги и основанием врезано в коренные породы древнего оврага, образованного

в результате размыва Жигулёвского массива. Противofiltrационными устройствами здания Жигулевской ГЭС являются фундаментная плита с зубом и шпунтовым рядом, а также анкерный понур. Шпунтовой ряд сопрягается со шпунтовыми рядами право- и левобережных подпорных стенок, препятствуя тем самым обходной фильтрации. Для отвода фильтрационных вод и снятия фильтрационного давления за верховым зубом здания станции устроен дренаж, сообщающийся с нижним бьефом.

Основание под зданием ГЭС неоднородно: секции 1 – 6 расположены на овражной части, где здание ГЭС своим верховым зубом врезается в плотные кинельские глины. В русловой части, где гребень кинельских глин расположен глубже, верховой зуб опирается на относительно более водопроницаемые четвертичные миндель-рисские отложения грунтов.

Для контроля фильтрационного режима в основании здания станции и в сопряжении с подпорными стенками было установлено 186 пьезометров. Одна группа пьезометров контролирует работу входного участка здания ГЭС: анкерного понура, зуба СУС и верхового зуба фундаментной плиты здания ГЭС. Вторая группа приборов контролирует фильтрационное давление на фундаментную плиту здания ГЭС.

Для контроля деформации здания ГЭС и сопрягающих устройств было установлено 366 осадочных марок (в настоящее время действует 361), 84 щелемера (действует 76) и 23 створных знака (действует 30).

Как известно, противofiltrационный контур здания ГЭС создавался фундаментной плитой сороудерживающего сооружения с зубом и шпунтовым рядом, анкерным понуром и верховым зубом здания ГЭС [5, 6]. Наблюдения по пьезометрам, контролирующим фильтрационный режим на входном участке под зданием ГЭС, показали, что эффективность этого участка с точки зрения снижения напора была невелика. Так, за верховым шпунтом для секций 1, 5, 6, 7 падение напора было в пределах от 20 до 30 %. Для секций 3, 4 измеренные пьезометрами уровни воды за шпунтом были равны уровням воды в водохранилище, т. е. гашения напора не происходило. Наибольшее гашение напора на верховом шпунте наблюдалось в районе секций 8, 9, 10 и составляло 30–40 % от напора. Основное снижение напора в основании происходило на верховом зубе

здания ГЭС. Это вполне закономерно, так как за верховым зубом располагался дренаж, имеющий прямой выход в нижний бьеф.

Таким образом, конструктивные элементы противофильтрационного контура на входном участке здания ГЭС для конкретных геологических условий не были достаточно эффективны с точки зрения гашения фильтрационного напора.

Как показали исследования, наибольшее гашение напора на понурном участке здания ГЭС наблюдается по секциям 7, 8, 9. Следовательно, в основании этих секций под верховым зубом здания – минимальный градиент напора.

Максимальный градиент напора наблюдается в основании секций 3 и 4, и он несколько меньший в основании секций 5 и 10. Для секций 3, 4 он составляет 0,82–0,85, для секций 5 и 10 – 0,6 и 0,9 соответственно.

Предельно допустимые градиенты для суглинка составляют величину 0,8, а для глин – 1,35. Так как зона секций 1, 2, 3, 4 здания ГЭС своим верховым зубом врезана в плотные кинельские глины, измеренный градиент напора не превышает допустимых значений. Однако следует иметь в виду, что непосредственно под зубом нет пьезометров, поэтому считать градиент на длине между пьезометрами П3 и П4 или П3 и дренажом можно только предположительно. В действительности уровень воды, измеренный пьезометром П3, может наблюдаться гораздо ближе к дренажу, например, непосредственно под зубом. В результате фактический градиент напора будет существенно больше приведённого.

Всё это обуславливает необходимость обеспечения постоянного и особо тщательного контроля над пьезометрами в основании секций 3, 4, 5, 10.

Таким образом, все данные наблюдений подтверждают, что наибольшую опасность с точки зрения обеспечения фильтрационной устойчивости основания представляет зона под верховым зубом секций 3, 4, 5, 10 здания ГЭС. Основным контролирующим параметром для этой зоны должен быть градиент фильтрационного напора, измеряемый между пьезометрами П3 и П4.

Представляет интерес анализ изменения пьезометрических уровней, измеренных приборами в периоды эксплуатации. Показания пьезометров П1, П2, П3 колеблются в соответствии с изменениями верхнего бьефа. Уровни в пьезометре П4, а также пьезометрах П7, П8, П9, П10 изменяются синхронно с колебаниями уровней нижнего бьефа.

В основном показания контролирующих пьезометров (П1, П2, П3, П4) за весь период эксплуатации имеют горизонтальную аппроксимацию, т. е. за исключением колебаний, свя-

занных с изменениями уровней ВБ и НБ, они не изменяются во времени. Исключения составляют показания пьезометров П2 и П3 в секциях 1 и 2. За последние 35 лет показания пьезометра П2 под этими секциями снижались с интенсивностью 0,1 м/год, показания пьезометра П3 – с интенсивностью 0,2 м/год. Если эти данные достоверны, то подобное снижение свидетельствует о кольматации фильтрационных путей в понурной части основания этих секций, что в свою очередь обеспечивает снижение фильтрационных градиентов в зоне верхового зуба.

Обратная картина – рост пьезометрических уровней наблюдается по пьезометру П3 в основании секций 7 и 9, интенсивность роста составляет 0,1 м/год, что свидетельствует о росте градиента напора под верховым зубом здания ГЭС. Этот процесс для указанных секций не представляет опасности, так как градиенты фильтрационного напора по ним находятся в пределах 0,2–0,28, что существенно ниже допустимых значений [6].

Анализ данных наблюдений по пьезометрам показал, что в основном они работоспособны и обеспечивают получение достоверной информации. Однако имеется ряд пьезометров, требующих проверки и ремонта: П4 в секциях 3, 5 (большой разброс показаний) и 2, 6; П5 в секции 6; П7 в секциях 1 и 7.

Для наблюдения за осадками и относительными смещениями секций на здании ГЭС были установлены створы щелемеров-марок: № 3 со стороны верхнего бьефа (в зоне затвора верхнего бьефа); № 5 со стороны нижнего бьефа (в зоне аварийно-ремонтных затворов нижнего бьефа). Кроме того, были установлены два створа щелемеров-марок на сороудерживающем сооружении: № 1 со стороны верхнего бьефа; № 2 со стороны нижнего бьефа.

На рис. 1 приведены графики средних осадок здания ГЭС, определённых по четырем щелемерам-маркам каждой секции, и их аппроксимирующие линии. Средние осадки секций 1–6 близки между собой и имеют одинаковый характер изменения во времени. Наибольшие значения осадок этих секций на конец 2001 г. были в пределах 45–60 мм. Так как интенсивность их роста во времени не превышала 0,3 мм в год, их можно считать затухшими.

Большие по величине осадки наблюдались по секциям 8–10. На 2001 г. величина их составила 105–125 мм. Интенсивность их роста во времени в два-три раза больше, но, тем не менее, не превышает 1 мм в год. Поэтому в целом осадки здания ГЭС следует оценивать как затухающие.

Осадки секций 1–6 на конец 2001 г. не превышают 45 мм, осадки секций 8–10 находятся

в пределах 90–160 мм. Такая неравномерность осадок по длине здания подтверждает неоднородность грунтов в основании здания ГЭС. В основании секций 1–6 грунты имеют большую плотность и, следовательно, больший модуль деформации, нежели грунты, расположенные в основании секций 8–10.

Как показал анализ эпюр осадков здания ГЭС и сороудерживающих сооружений по продольным створам, осадки со стороны нижнего и верхнего бьефов оказались практически одинаковы. В то же время по зданию ГЭС осадки со стороны верхнего и нижнего бьефов в пределах секций 1–5 близки между собой, а в пределах секций 6–10 различаются в два и более раза, т. е. эти секции имеют некоторый наклон в сторону верхнего бьефа. Наибольший наклон в период с 1975 по 2015 гг. сформировался по секциям 8, 9 и частично 10, где различия в осадках марок в створах 3 и 5 составляют около 100 мм. По секциям 1–5 это различие не превышает 20–30 мм. Таким образом, сформировавшаяся неравномерность осадок невелика и далека от предельных значений.

Несмотря на то, что осадка здания практически затухает, наблюдения по щелемерам-маркам необходимо продолжать, причём точность наблюдений должна быть даже выше той, которая была в начале периода эксплуатации. Для этого должны использоваться современные геодезические инструменты и проведена тщательная проверка опорных реперов. Ни в коем случае не должно допускаться снижение частоты наблюдений: наблюдения должны проводиться не реже одного раза в два года, в идеале ежегодно [7].

Измерения горизонтальных смещений, проводившиеся по щелемерам-маркам, дают только относительное значение осадок секций, что не позволяет оценить общие горизонтальные перемещения здания. Тем не менее, по данным имеющихся наблюдений можно констатировать, что измеренные горизонтальные смещения секций вдоль потока находятся в пределах точности наблюдений. Большие по величине перемещения измерены в направлении раскрытия-закрытия швов.

На рис. 2 приведена аппроксимация графиков раскрытия-закрытия межсекционных швов по створу 3. Как видно, швы постоянно закрываются, причём интенсивность их закрытия на протяжении последних лет одинакова и затухания этого процесса не видно. Исключение составляет лишь шов на секции 9 (створ 3), где наблюдается его постоянное раскрытие.

По щелемерам, установленным в потере на 40–50 м ниже створов 5 и 3, наблюдается такая же картина закрытия швов (кроме швов в секциях 3 и 8). По всей видимости, эти длительные деформации имеют характер ползучести и в целом не представляют опасности для сооружений.

Как показал анализ наблюдений за фильтрационным режимом в основании, противофильтрационный контур здания ГЭС, включающий в себя фундаментную плиту с зубом и шпунтовым рядом, а также анкерный понур, в данных геологических условиях основания работает недостаточно эффективно. Так, под секциями 1, 5, 6, 7 шпунт гасит 20–30 % напора, а в районе секций 3–4 не гасит напор вовсе. В результате этого непосредственно под верхо-

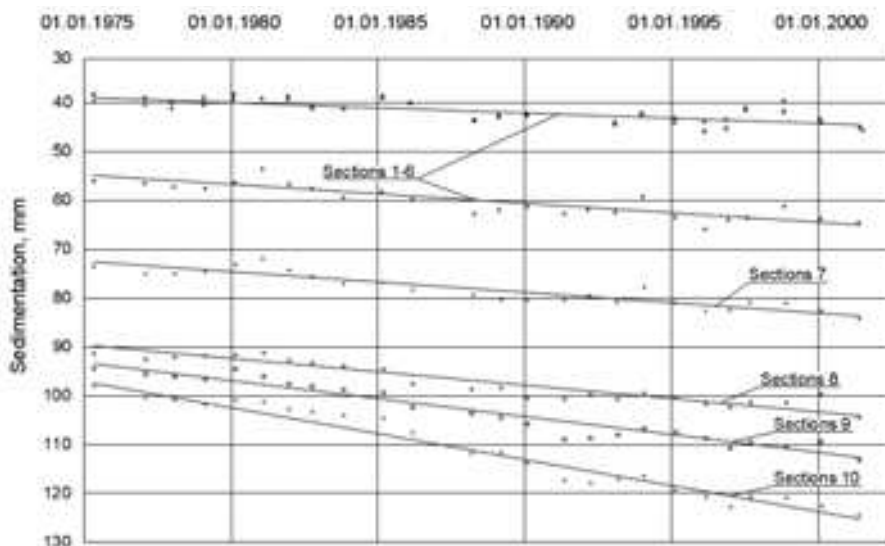


Рис. 1. Аппроксимации средних осадок секций здания ГЭС, измеренных по щелемерным маркам

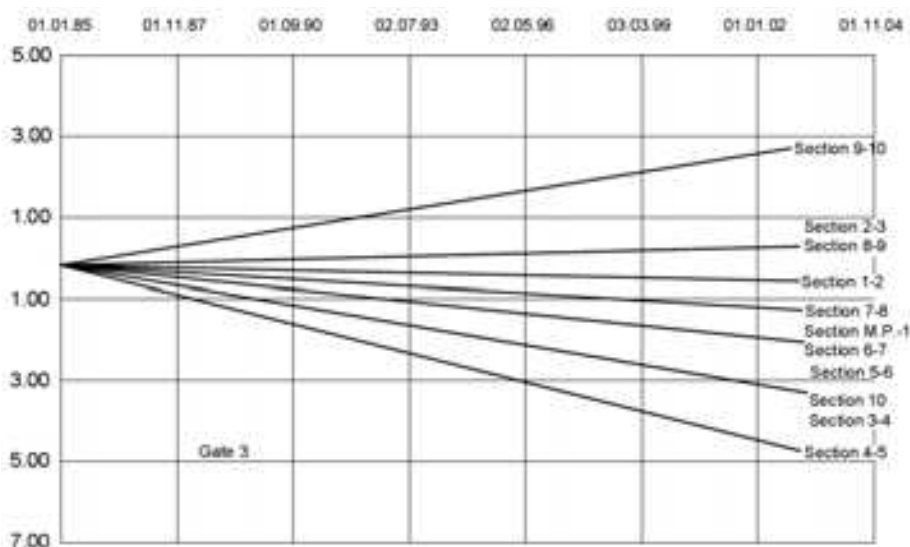


Рис. 2. Сопоставление аппроксимирующих линий раскрытий-закрытий швов между секциями здания ГЭС

вым зубом секций 3, 4 и в несколько меньшей степени секций 5, 10 фильтрационные градиенты находятся в пределах от 0,6 до 0,9, что близко к предельным значениям. Учитывая, что непосредственно под зубом нет возможности замерить распределение пьезометрического напора, фактический градиент может быть существенно больше.

Несколько пьезометров в основании не работают или их показания вызывают большие сомнения. По этим пьезометрам необходимо выполнить ремонт или замену.

Наблюдения за осадками станции показали, что минимальные значения осадки наблюдаются на секциях 1–6, максимальные – на секциях 8–10. В результате можно предположить, что грунт в основании секций 8–10 имеет меньшую плотность и подвержен большим деформациям. В целом значения осадок даже по секциям 8–10 незначительны, а рост их во времени не превышает 1 мм в год, что свидетельствует об их затухании.

Горизонтальные деформации секции в направлении вдоль потока практически отсутствуют, а измеренные по щелемерам поперечные деформации указывают на протекающее с постоянной незатухающей скоростью закрытие швов. Этот процесс имеет линейный характер почти по всем швам в секции и вызывает сомнения в правильности показаний приборов. Необходимо выполнить специальные проверочные измерения для оценки достоверности полученных результатов наблюдения.

Выводы. 1. Противофильтрационные элементы подземного контура здания ГЭС, особенно на выходном участке, оказались для

конкретных геологических условий основания недостаточно эффективными с точки зрения гашения фильтрационного напора. Таким образом, основное падение напора в основании рассматриваемых секций происходит на верхнем зубе здания ГЭС, т. е. в этой зоне наблюдается максимальный градиент фильтрации, что представляется весьма опасным, поэтому за данным процессом необходимо тщательно следить, особенно в районе секций 3 и 4.

2. Основными пьезометрами, определяющими надежность противофильтрационных устройств всего здания ГЭС, являются ПЗ и П4. Однако особое внимание должно быть уделено пьезометрам в секциях 3, 4, 10. В дальнейшем необходимо основные пьезометры здания ГЭС оснастить дистанционными измерителями уровня воды и создать на их базе автоматизированную систему опроса и контроля состояния основания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- СО 153-34.20.501-2003. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации / Минэнерго. М., 2003. 155 с.
- Романов А.А., Евдокимов С.В. Результаты исследования колебаний бетонных частей секций Жигулевской ГЭС // Научное обозрение. 2015. № 7. С. 188–194.
- Романов А.А. Жигулевская ГЭС. Эксплуатация гидротехнических сооружений. Самара, 2010. 360 с.
- Романов А.А., Евдокимов С.В., Селиверстов В.А. Исследование колебаний здания Жигулевской гидроэлектростанции // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 6. С. 44–48.

5. Романов А.А. Жигулевская ГЭС. Эксплуатация гидротехнического оборудования. Самара: АГНИ, 2011. 424 с.

6. Бальзанников М.И., Зубков В.А., Кондратьева Н.В., Хуртин В.А. Комплексное обследование технического состояния строительных конструкций сооружений Жигулёвской ГЭС // Гидротехническое строительство. 2013. № 6. С. 21–27.

7. Романов А.А. Жигулевская ГЭС. Эксплуатация электротехнического оборудования. Самара: АГНИ, 2012. 544 с.

REFERENCES

1. SO 153-34.20.501-03 Operation Requirements for Electrical Power Plants and Networks in the Russian Federation. Russian Federation Minenergo., 2003. 155 p. (in Russian)

2. Romanov A.A., Evdokimov S.V. The results of the study of oscillations of parts of the concrete sections *Zhigulevskaya HPP. Nauchnoe obozrenie* [Scientific review], 2015, no.7, pp. 188-194. (in Russian)

3. Romanov A.A. *Zhigulevskaya GES. Ekspluatatsiya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Zhiguli hydroelectric power plant. Operation of hydraulic structures]. Samara, 2010. 360 p.

4. Romanov A.A., Evdokimov S.V., Seliverstov V.A. Study of oscillations of the buildings of Zhigulevsk hydroelectric power station. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and civil engineering], 2015, no. 6, pp. 44-48. (in Russian)

5. Romanov A.A. *Zhigulevskaya GES. Ekspluatatsiya gidromekhnicheskogo oborudovaniya* [Zhiguli hydroelectric power plant. Operation of hydro-mechanical equipment]. Samara, Agni, 2011. 424 p.

6. Bal'zannikov M.I., Zubkov N.V., Kondrat'eva V.A., Khurtin V.A. Complex inspection of technical condition of building structures of Zhigulevskaya HPP. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydraulic engineering construction], 2013, no. 6, pp. 21-27. (in Russian)

7. Romanov A.A. *Zhigulevskaya GES. Ekspluatatsiya elektrotekhnicheskogo oborudovaniya* [Zhiguli hydroelectric power plant. Operation of electrical equipment]. Samara, Agni, 2012. 544 p.

Об авторах:

ЕВДОКИМОВ Сергей Владимирович

кандидат технических наук, заведующий кафедрой природоохранного и гидротехнического строительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. (846)242-21-71 E-mail: sali5@mail.ru

ЕВДОКИМОВ Sergey V.

PhD in Engineering Science, Head of the Environmental and Hydraulic Engineering Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 tel. (846) 242-21-71 E-mail: sali5@mail.ru

СЕЛИВЕРСТОВ Владимир Александрович

кандидат технических наук, доцент кафедры природоохранного и гидротехнического строительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. (846)242-21-71 E-mail: v.a.seliverstoff@yandex.ru

SELIVERSTOV Vladimir A.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Environmental and Hydraulic Engineering Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 tel. (846) 242-21-71 E-mail: v.a.seliverstoff@yandex.ru

ОРЛОВА Алла Алексеевна

доцент кафедры природоохранного и гидротехнического строительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. (846)242-21-71 E-mail: allaorlova5@mail.ru

ORLOVA Alla A.

Associate Professor of the Environmental and Hydraulic Engineering Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 tel. (846) 2422171 E-mail: allaorlova5@mail.ru

Для цитирования: Евдокимов С.В., Селиверстов В.А., Орлова А.А. Результаты многофакторного анализа состояния гидротехнических сооружений // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 71–76. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.10.

For citation: Evdokimov S.V., Seliverstov V.A., Orlova A.A. Results of Multi-Factor Analysis of the Condition of Hydrotechnical Constructions. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2019, Vol. 10, no. 1, Pp. 71–76. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.10.



Ю. И. ДОЛАДОВ
М. Е. ЗАХАРОВ
С. Ю. КОЗИНЕЦ
О. Ю. ХМЫЛЁВА

ПОИСК РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ОГРАЖДЕНИЯ ИВЕРСКОГО ЖЕНСКОГО МОНАСТЫРЯ

SEARCH FOR SOLUTIONS FOR A WORK PROJECT
AND THEIR IMPLEMENTATION AT THE DEVELOPMENT OF THE FENCING
OF THE IVERSKY FEMALE MONASTERY

Для строительства ограждения Иверского монастыря в виде ступчатой кирпичной стены по железобетонному ростверку на основе проекта организации строительства был разработан проект производства работ. В нем представлены инженерные решения по устройству буронабивных свай, бетонированию ростверков и выполнению кирпичной кладки. Разработка проекта выполнялась с учетом высокой степени стесненности на данном участке.

The project for implementation of construction operations was made for the Iversky Female Monastery. The fence is a stepped brick wall which situated on the reinforced foundation framework. The project presents engineering solutions for the construction of bored piles, pouring concrete of the foundation framework and brickwork. The project considers the incommodious conditions on the building site.

Ключевые слова: проект производства работ, ограждение монастыря, стесненные условия, устройство буронабивных свай, бетонирование ростверков, выполнение кирпичной кладки

Keywords: project for implementation of construction operations, the monastery fence, incommodious conditions, bored pile, pouring concrete of the foundation framework, brickwork

Иверский женский монастырь был открыт в 1860 г. [1]. По мере развития монастырь стал представлять собой значительный архитектурный ансамбль, во многом определявший вид Самары. В 1925 г. монастырь был закрыт. Возрождение монастыря началось в 1992 г., когда созданному монастырскому приходу православной церкви были переданы сохранившиеся храмы и часть зданий, признанные памятником архитектуры регионального значения. В настоящее время в монастыре действуют библиотека для прихожан, золотошвейная и иконописная мастерские. Начиная с 90-х гг. XX в. объект включён в интенсивную реставрацию и реконструкцию.

В период с 2000 по 2015 гг. территория монастыря ограждалась заборами разной конструкции. Была кирпичная стена вдоль Волжского проспекта. Но большая часть до 2018 г. была ограждена металлическим забором из профилированного листа (рис. 1).

Было решено заменить ограждение промышленного типа на традиционный для православных объектов. За основу было принято ограждение длиной менее ста метров, построенное ранее вдоль Волжского проспекта.

Проект ограждения разработан ООО «ПАРЕКС». Ограждение запроектировано в виде двух участков: по Волжскому проспекту от ранее построенного ограждения до угловой



Рис. 1. Забор монастыря из металлического профилированного листа по ул. Вилюновской

башни и по ул. Вилюновской от будущей стены Хозяйственного корпуса до Святых Ворот. В последующем здание Хозяйственного корпуса по проекту было отодвинуто на 3 м вглубь территории монастыря. Вместо предполагавшейся стены Хозяйственного корпуса добавили стену ограждения.

Ограждение запроектировано в виде уступчатой кирпичной стены по железобетонной ростверке, который опирается на железобетонные сваи, заглубленные на 6 м (рис. 2). Сваи диаметром 0,5 м расположены с шагом 4,3 м.

В составе проекта ограждения разработан, опираясь на прежний собственный опыт [2, 3], проект организации строительства (ПОС) в соответствии с требованиями постановления РФ № 87 от 16 февраля 2008 г. «О составе разделов

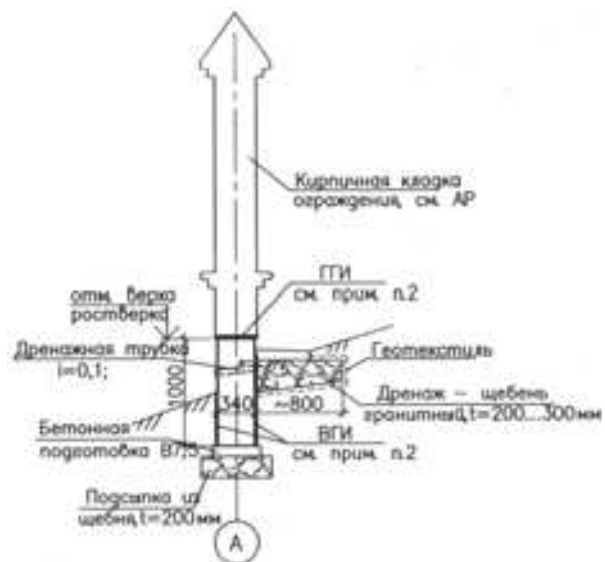


Рис. 2. Конструктивное решение ограждения (сваи не показаны)

проектной документации и требованиях к их содержанию». Он включает в себя организационно-технологические схемы, данные по потребности машин, механизмов и инструментов и др. ПОС разработан на строительство обоих участков (по Волжскому проспекту и по ул. Вилюновской).

Площадка по Волжскому проспекту (на первом участке) отличается высокой степенью стеснённости. Проектируемая стена ограждения проходит по откосу, который имеет уклон к существующему забору прежней конструкции. От бровки откоса до забора образуется пространство, не пригодное для выполнения строительно-монтажных работ. Величина этого пространства составляет 38 % общей площади строительной площадки. Вдоль строительной площадки (по проезжей части и потенциальным зонам складирования материалов) проходят действующие подземные высоковольтные линии электропередачи и канализации. С одной стороны площадка зажата строящейся четырёхэтажной гостиницей. Входы в здание находятся в зоне активного строительства ограждения. Для выполнения буровых работ необходимо срезать верхнюю часть откоса, чтобы сформировать горизонтальную площадку для перемещения бурового станка. Причём станок может перемещаться только вдоль откоса, поскольку между террасой и проезжей частью площадки формируется барьер высотой до 0,8 м.

Манёвр транспорта внутри площадки затруднён. Проезд может быть только вдоль объекта. Ширина проезда заужена из-за необходимости организации складских площадок материалов и оснастки.

Второй участок по ул. Вилюновской по стеснённости и неудобству выполнения строительно-монтажных работ превосходит первый участок.

Здесь ухоженный одернованный земляной откос вплотную подходит не только к запроектированному ограждению, но и к старому забору. Откос не позволяет выполнять работы, как на первом участке, – с внутренней территории монастыря. На подходе к Святым Вратам и вдоль колокольни запроектированное ограждение проходит по створу шпунтовой стенки [4], оставшейся от ограждения котлована под строительство колокольни. Металлические трубы шпунтовой стенки диаметром 600 мм выходят на поверхность. С наружной стороны по ул. Вилюновской тротуар шириной 4,8 м недавно покрыт керамической плиткой. Кроме того, посередине ограждённого от проезжей части тротуара проложена линия электропередач с девятью подвешенными проводами. Кроме

того, добавилось ужесточение сроков в связи с приближающимся Чемпионатом мира по футболу 2018 г., что потребовало привлечения для выполнения работ ещё одного подрядчика. Поэтому на основе ПОС отдельно для каждого участка были разработаны свои проекты производства работ (ППР) [5]. Для строительства первого участка (по Волжскому проспекту) – генподрядчиком (ООО «Хай-ТЭК»), для второго участка – ООО «ВСК».

В ППР первого участка (рис. 3) решены вопросы по устройству буронабивных свай, бетонированию ростверков и выполнению кирпичной кладки. Скважины для свай по ППР на первом участке бурили буровой установкой TesCar CF-3.

По мере готовности десяти-пятнадцати скважин в них опускали заранее выполненные арматурные каркасы. Затем бетонировали.

Арматурный каркас ростверка связывали с выпусками арматуры свай. Опалубочные работы выполняли с применением инвентарной щитовой металлической опалубки (рис. 4). Вертикальными щитами формировали уширение ростверка под кирпичные колонны ограждения. С помощью вертикальных щитов центрировали также металлические стойки жёсткости для колонн. Бетонирование ростверка выполняли с соблюдением зимних методов поддержания бетона. По мере готовности ростверка (рис. 5) выполнили гидроизоляцию, обратную засыпку и приступили к кирпичной кладке стены ограждения. Кирпичную кладку выполняли с инвентарных лесов и с применением противоморозных добавок. Завершающие штукатурные и облицовочные работы (металлическим листом) осуществили весной.

Для разработки ППР на второй участок решения, заложенные в ПОС, потребовалось переработать. Рассматривался вариант по выполнению работ с внутренней территории монастыря, как и на первом участке, и теми же средствами механизации. Для этого потребовалось бы сделать глубокую врезку в благоустроенный откос и нарушить устоявшийся ландшафт, чтобы проложить временную дорогу и устроить два уширения для монтажной техники с защитой их шпунтовой стенкой. Сомнительный, даже на стадии проработки, вариант был отвергнут на всех уровнях рассмотрения.

Были найдены другие решения. На их выполнение параллельно была привлечена ещё одна фирма. Перед ней была поставлена задача выполнить как можно больший объём по устройству ограждения монастыря до начала чемпионата. При этом откос должен быть сохранён или ущерб, нанесённый ему во



Рис. 3. Общий вид стройплощадки первого участка



Рис. 4. Монтаж опалубки по арматурному каркасу (по арматурному каркасу навит греющий провод)



Рис. 5. Готовый ростверк со стойками под кирпичные колонны стены ограждения

время выполнения строительно-монтажных работ, должен быть минимальным (рис. 6).

В проекте производства работ предусматривалось устройство свай, бетонирование ростверка, а саму кирпичную кладку стены выполнять другими средствами механизации в летних условиях и с большим объёмом выполнения работ вручную.

Бурение скважин предполагалось выполнять навесным гидравлическим ямобуром, вынесенным с дороги под линией электропередач телескопической стрелой (рис. 7) крана-манипулятора [6]. Бурение пришлось выполнять через старые (начала прошлого века) фундаменты, сложенные из больших бутовых камней. Арматурные каркасы в скважины подавали также краном-манипулятором. Траншею под ростверк вскрывали вручную. Лишний грунт перемещали ручными тележками вниз на рабочую площадку первого участка, а оттуда удаляли самосвалами. По бетонной подготовке вручную вязали арматурный каркас.

Ростверк формировали неинвентарной деревянной опалубкой. Стойки и прогоны опалубки предусмотрены из брусков сечением 100x150 мм. В качестве палубы опалубки применяли многослойную неламинированную фанеру толщиной 22 мм. Распирающие усилия от свежеложенной бетонной смеси воспринимают арматурные тяжи диаметром 10 мм, раскреплённые между стойками (рис. 8).

Для выполнения бетонных работ использовали малогабаритный роторный бетононасос [7] с теоретической производительностью бетонной смеси 35 м³/ч. Кирпичную кладку выполняли с неинвентарных подмостей, установленных на земляном откосе внутри территории монастыря. Кирпич и раствор подавали с автомобиля с краном-манипулятором.

Итак, в канун Чемпионата мира по футболу 2018 удалось выполнить ограждение Иверского монастыря в виде уступчатой кирпичной стены по железобетонному ростверку и снаружи отделочные работы (рис. 9).



Рис. 6. Общий вид строительной площадки второго участка



Рис. 8. Опалубка ростверка

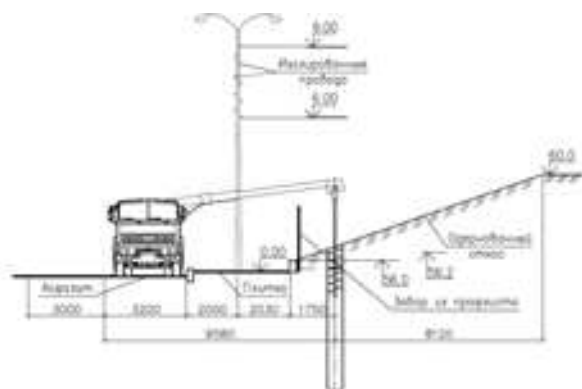


Рис. 7. Схема бурения скважин



Рис. 9. Завершение отделочных работ

Вывод. Разработка ППР – это творческий процесс. Полнота, качество и сроки выполнения проекта производства работ зависят от своевременности и полноты исходных данных. Следует отметить, что глубокая вариантная подготовка ППР, равно как и ПОС, избавляет от переделок и лишних работ подрядчика, сокращает сроки и повышает качество изделий. ППР должен быть ориентирован на исполнителя (бригадира, рабочего), на его оснащение, безопасность, понимание правильности выполнения строительных процессов, что в свою очередь обеспечивает повышение производительности труда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. <http://samara-iversk.cerkov.ru/> [Электронный ресурс] (дата обращения: 14.08.2019).
2. Доладов Ю.И., Доладова И.П. Реконструкция и реставрация Иверского монастыря // Градостроительство и архитектура. 2013. № 3. С. 60–64. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.03.12.
3. Доладов Ю.И., Калинина В.В. Проект производства работ на возведение станции метро «Российская» // Актуальные проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта. Региональная научно-практическая конференция. Самара, 2004. Ч.1.
4. <https://dic.academic.ru/dic.nsf/railway/3064/> Шпунтовая стенка [Электронный ресурс] (дата обращения: 11.06.2019).
5. РД 11-06-2007. Методические рекомендации о порядке разработки проектов производства работ грузоподъемными машинами и технологических карт погрузочно-разгрузочных работ. М., 2007.
6. https://remtechstroy.ru/articles/burovaya_naveska_na_kmu/ [Электронный ресурс] (дата обращения: 14.07.2019).
7. <https://beton-house.com/oborudovanie/podacha/kak-rabotaet-betononasos-373> [Электронный ресурс] (дата обращения: 23.07.2019).

REFERENCES

1. Iverskij zhenskij monastyr' g. Samara (Iversky convent in Samara). Available at: <http://samara-iversk.cerkov.ru> (accessed 14 August 2019).
2. Doladov Yu.I., Doladova I.P. Reconstruction and restoration of the Iversky monastery. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture]. Samara, 2013, no. 3, pp. 120-127. (in Russian).
3. Doladov Yu.I., Kalinina V.V. Project for implementation of construction operations for building of metro station "Rossiyskaya". Actual problems and possibilities for the development of railway transport. *Regional'naja nauchno-prakticheskaja konferencija* [Issues of Regional Scientific and Practical Conference]. Samara, 2004, pp. 83-85. (in Russian).

4. Shpuntovaja stenka (Sheet pile wall). Available at: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/railway/3064> (accessed 11 June 2019).

5. Guidance Document 11-06-2007. Methodical guidance of the system for developing project for implementation of construction operations with hoisting machines and technological maps of loading and unloading. Moscow, 2007.

6. *Burovaya naveska na KMU* [Drill hitch for crane manipulator]. Available at: https://remtechstroy.ru/articles/burovaya_naveska_na_kmu (accessed 14 July 2019).

7. *Kak rabotaet betononasos* [How a concrete pump works]. Available at: <https://beton-house.com/oborudovanie/podacha/kak-rabotaet-betononasos-373> (accessed 23 July 2019).

Об авторах:

ДОЛАДОВ Юрий Иванович

доцент кафедры технологии и организации строительного производства
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: doladovv@gmail.com

DOLADOV Yuri I.

Associate Professor of the Technology and Organization of Construction Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: doladovv@gmail.com

ЗАХАРОВ Максим Евгеньевич

заместитель директора по производству
ООО «Хай-Тэк»
443000, Россия, г. Самара, ул. XXII Партсъезда, 7А
E-mail: Zme90@ya.ru

ZAKHAROV Maxim E.

Deputy Director for Production, Hi-Tech LLC
443000, Russia, Samara, XXII Party Congress str., 7A
E-mail: Zme90@ya.ru

КОЗИНЕЦ Сергей Юрьевич

директор ООО «ВСК»
443000, Россия, г. Самара, ул. Фадеева, 40
E-mail: v-s-k@bk.ru

KOZINETZ Sergey Yu.

Director of VSK LLC
443000, Russia, Samara, Fadeeva str., 40
E-mail: v-s-k@bk.ru

ХМЫЛЁВА Ольга Юрьевна

инженер ООО ПКО «Специалист»
443000, Россия, г. Самара, ул. Партизанская, 80А
E-mail: doladowa@gmail.com

KHMYLOVA Olga Yu.

Engineer LLC PKO «Specialist»
443000, Russia, Samara, Partizanskaya str., 80A
E-mail: doladowa@gmail.com

Для цитирования: *Долатов Ю.И., Захаров М.Е., Козинец С.Ю., Хмылёва О.Ю.* Поиск решений для проекта производства работ и их реализация при устройстве ограждения Иверского женского монастыря // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 77–83. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.11.

For citation: *Doladov Yu.I., Zakharov M.Ye., Kozinets S.Yu., Khmyleva O.Yu.* Search for solutions for a work project and their implementation at the development of the fencing of the Iversky female monastery. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 77–83. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.11.

ПОДПИСКА – 2020
на январь – июнь по Объединенному каталогу
«Пресса России»

Уважаемые читатели!
Обратите внимание, что с 1 сентября 2019 г.
проводится подписная кампания первого полугодия 2020 г. на журнал
Самарского государственного технического университета

«ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»

Подписной индекс нашего журнала в каталоге И70570

Подробные условия оформления подписки и стоимость
Вы найдете в I томе каталога «Пресса России» на странице 178.
Также возможно оформить подписку онлайн на сайте <https://www.ppressa-rf.ru/>

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



УДК 711.4.01

DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.12

Т. Г. АРТЕМЬЕВА
А. В. АДОНИНА

ОБ ОСНОВНЫХ ФАКТОРАХ ВЛИЯНИЯ НА ВЕКТОР РАЗВИТИЯ РЕАЛИЗОВАННОЙ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ УТОПИИ

MAIN FACTORS INFLUENCING THE VECTOR OF DEVELOPMENT OF THE IMPLEMENTED URBAN UTOPIA

Рассматривается роль социального контекста в эволюции реализованной градостроительной утопии. Выявлены онтологические и морфоструктурные проблемы одной из реализованных градостроительных утопий на примере г. Тольятти. Установлено, что генеральный план Автозаводского района Тольятти, полностью отвечавший идеалам Афинской хартии, вступил в противоречие с представлением о городе как концентрированной среде. Отмечено, что современный Тольятти находится в поиске решения проблемы целостности городской структуры. Сделан вывод: преодоление кризисного состояния Тольятти лежит в области генерирования, в том числе новых утопий; интеграции существующих морфоструктур; подкрепления избыточной концептуальности формы контекстуальностью содержания. Предложена новая морфологическая единица – макрокаркас, в основе которого – многоуровневая интеграция транспортных и пешеходных потоков.

Ключевые слова: социальный контекст, реализованная утопия, утопическая модель, социалистический город, модернизм, морфоструктура, Тольятти

Введение. Эволюционно все новые городские образования тяготеют к существующим историческим городам. Отличительная особенность европейского градостроительства – непрерывность процесса роста, когда городское ядро постепенно обрастает новыми районами. В советском градостроительстве разрастание исторически сложившихся городов происходило параллельно со скачкообразным возник-

The article discusses the role of the social context in the evolution of implemented urban development utopia. The ontological and morphostructural problems of one of the implemented urban development utopias on the example of the city of Togliatti are revealed. It was established that the general plan of the Avtozavodsky district of Tolyatti, which fully met the ideals of the Athenian Charter, came into conflict with the idea of the city as a concentrated environment. It is noted that modern Togliatti is in search of a solution to the problem of the integrity of the urban structure. The conclusion is drawn: overcoming the crisis state of Togliatti lies in the field of generating, including new utopias; integration of existing morphostructures; reinforcing redundant conceptuality of form with contextual content. A new morphological unit is proposed – this is macro frame, which is based on multi-level integration of traffic and pedestrian flows.

Keywords: social context, realized utopia, utopian model, socialist city, modernism, morphostructure, Togliatti

новением целостных городских комплексов на основе единственного или доминирующего градостроительного фактора (Магнитогорск, Нижний Тагил, Набережные Челны и др.). Низкая и географически неравномерно распределенная по сравнению с Европой плотность населения в Советском Союзе была одним из главных факторов своеобразия градостроительных подходов. Градостроительная парадигма СССР

опиралась на примат развития производственного комплекса, сопровождавшегося проблемами размещения большого объема производительных сил. Огромные расстояния и низкий уровень освоения территории являлись факторами инертности для массового перемещения производительных сил и, одновременно, препятствием для масштабного строительства на новых территориях. Вследствие этого строительство новых городов осуществлялось главным образом на базе исторических поселений, но не путем прироста периферии, а механическим присоединением новых районов с самодостаточной функциональной структурой, без их интеграции с историческим ядром. Таким образом, близость крупнейших городов со сложившейся производственной базой являлась значимым фактором, влияющим на выбор места для нового города.

Ситуация ускоренной индустриализации как вынужденной меры преобразования страны требовала строительства новых городов и пересмотра существующих на тот момент градостроительных технологий. Проблемы поспешных, без должной критики реализаций утопических идей будут обнаружены спустя десятилетия.

Один из крупнейших моногородов, расположенный на левом берегу Волги, город Тольятти стал характерным примером города, реализованного в парадигме советского градостроительства. Проект генерального плана Тольятти был выполнен в полном соответствии с нормативной базой, учитывающей параметры однородной, как было принято считать на тот момент, социальной структуры населения страны и был призван демонстрировать уровень амбиций и достижений СССР в области промышленности и градостроительства. Игнорирование социального контекста оказалось основным препятствием генерирования полноценной городской среды. Вследствие этого грандиозные планы дальнейшего развития города в соответствии с утопической концепцией вступили в конфликт с действительностью [1].

В настоящее время генеральный план Тольятти не представляет собой единой морфоструктуры. Он достаточно механически объединяет автономные районы с собственным историческим прошлым и композиционно независимой морфоструктурой каждого из них (рис. 1).

История формирования. Ставрополь-на-Волге, будущий Тольятти – исторический город, основанный в 1737 г. Василием Татищевым, после 1945 г. с идеологической точки зрения представлял собой пережиток прошлого и был затоплен в связи со строительством Куйбышевской ГЭС. Мастерской во главе

с Михаилом Сорокиным был спроектирован генеральный план из отдельных участков застройки, расположенных в нескольких километрах друг от друга. Вдоль берега по обе стороны плузов был образован Комсомольский район. В отдалении на ровной местности был построен Центральный район (рис. 2). Реализованный частично район за лесным массивом планировался в виде города-сада. Однако на пути развития города встал ряд проблем: близость промышленной зоны с Центральным районом привела к загрязнению окружающей среды. Генеральный план города не предполагал возможности дальнейшего расширения, был слишком формальным и жестким [2].

Завершающий этап формирования Тольятти характеризовался строительством нового района и реализацией амбициозного проекта автомобильного завода. Критерии выбора территории будущей автомобильной столицы Советского Союза носили прагматичный характер: наличие трудовых ресурсов и действующих строительных организаций, удобная транспортная сеть, экономика новой инфраструктуры производства и жилья в зависимости от места расположения завода, энергетические затраты и экономика перевозок строительных материалов [3].

Выбор территории для строительства определялся требованиями технологического характера производства – потребностью в больших свободных территориях со специфической геоморфологией. Наличие соседствующего промышленного центра г. Куйбышева и необходимых для автозавода трудовых ресурсов, выгодное географическое положение в центрально-европейской части России, подходящая геоморфология территории, благоприятный климат в конечном итоге определили расположение будущего Автозаводского района (рис. 3).

Стратегическое значение Тольятти привлекло к разработке генерального плана авторитетный коллектив (архитекторы Б.Р. Рубаненко, В.А. Шквариков, А.М. Базилевич, Ю.П. Бочаров, Е.Л. Иохелес, К.К. Карташова, Е.И. Кутырев и др.). Новый район должен был быть построен в ускоренные сроки, что провоцировало использование новых градостроительных методик проектирования [4].

Программа формирования генерального плана Тольятти закладывала стратегию развития до 2000 г. При разработке новой планировочной структуры авторы проекта исходили из того положения, что проектируемый город следует рассматривать как элемент системы расселения с укреплением устойчивых производственных, культурно-бытовых, транспортных



Рис. 1. Морфоструктура районов Тольятти



Рис. 2. Ставрополь-на-Волге. Комсомольский и Центральный районы



Рис. 3. Реализация амбициозного проекта автомобильного завода

и других связей между населенными местами, которые в значительной мере будут определять планировочную структуру города [5]. Для новой и ранее сложившейся части города Тольятти планировалось обеспечить единое функциональное и архитектурно-пространственное решение. Такая стратегия обеспечивала возможность их включения в более крупную градостроительную систему в качестве взаимосвязанных комплексных звеньев планировочной структуры крупной агломерации.

Как автор проекта, Борис Рубаненко замыслил разработать такой план, который ни в чем не уступал бы проектам Чандигарха или новой столицы Бразилии – Бразилиа. Увлеченный советским конструктивизмом и зарубежным модернизмом, концепциями Моисея Гинзбурга, Ле Корбюзье и других архитекторов, Борис Рубаненко реализовал модернистские утопические идеи в генеральном плане Тольятти. Таким образом, Тольятти ассимилировал американские и европейские достижения в результате интеграции предыдущего советского опыта и продуманного обновления форм и технологий.

Автозаводский район решено было разместить вблизи Центрального района, но отделить обширной лесной зоной в несколько квадратных километров. В таком случае лес превращался в подобие Центрального парка и становился местом отдыха жителей. Вдоль леса предполагалось проложить дорогу, таким образом связав между собой два городских центра и сохранив нетронутой окружающую природу.

Центр нового района представлял крестообразную форму, которая была позаимствована из генерального плана столицы Бразилии. Вертикальная линия креста соединяла набережную и завод, а горизонтальная ось разграничивала жилые массивы. Большие проспекты были рассчитаны на будущую массовую автомобилизацию населения, а в местах их пересечения были предусмотрены круглые площади.

При решении пространственной организации нового района использовались прогрессивные принципы создания гибкой планировочной структуры, обеспечивающей возможность трансформации функциональных зон с сохранением устойчивых связей между ними в процессе роста города. Проложенные по диагонали поперечные бульвары способствовали созданию открытых пространств внутри жилых образований.

Основной территориальной единицей стал укрупненный жилой квартал – микрорайон с размерами 1 x 1 км. Его размеры были логично продуманы таким образом, чтобы сбалансировать пешеходное и автомобильное движение. Сеть учреждений культурно-бытового обслуживания строилась по ступенчатой системе. Все предприятия группировались в зависимости от радиуса обслуживания населения и в основном размещались в пешеходной доступности. Однако в целом план развития Тольятти был рассчитан на слишком просторный город, чрезмерно зависевший от автотранспорта (рис. 4).

В Тольятти было предусмотрено создание структурной целостности и законченности города на каждом основном этапе его строительства, это позволяло рационально организовать процессы труда, быта и отдыха населения. Также была предусмотрена возможность дальнейшего взаимоувязанного функционирования важнейших районов и обеспечена перспектива развития города в западном и северном направлениях [7]. Тем не менее, следует отметить, что объединение районов было в большей мере механическим – не произошла интеграция морфоструктур, планируемый экстенсивный рост города дополнительно усилил бы центробежность его развития. Административно единый город представляет собой три обособленных города со слабыми транспортными, функциональными и социальными связями, что затрудняет формирование города как целостного



Рис. 4. Застройка и генеральный план Автозаводского района

образования. Развитие морфоструктуры современного Тольятти в основном достигается путем уплотнения существующей застройки.

В настоящий момент Тольятти переживает сложный этап развития. Обострившиеся со временем проблемы были заложены ещё на советском этапе формирования Тольятти. Социальная стратификация советского общества была слабо выражена, население – достаточно однородно и имело примерно одинаковый уровень потребностей, поэтому серьезных противоречий не наблюдалось – всё это совпадало с градостроительной парадигмой советского государства.

С изменением структуры общества изменились уровни и формы потребностей населения, возникли определенные противоречия, связанные с социальным контекстом. Изначальная первоочередная ориентация Тольятти на функционирование и восприятие города человеком за рулем не позволила сформировать полноценную городскую структуру, которая воспринималась бы жителями как целостное образование и единый организм. Поскольку каждый новый этап развития города был связан с пересмотром территории под новую глобальную задачу в соответствии с градостроительной парадигмой того времени, экспериментальная природа Тольятти привела к системному социально-экономическому и средовому конфликту [8].

Генеральные планы развития Тольятти в постсоветский период (1992, 2002, 2010, 2016 гг.) в основном сводились к мероприятиям по налаживанию связи между районами и благоустройству набережной Волги. Тем не менее, три автономных района так и остались соединенными по земле, воздуху, воде и разделенными ментально, поскольку ни одна модель развития города не учитывала социоконтекст.

Анализ. Морфоструктура Автозаводского района представляет собой симбиоз утопических градостроительных моделей: 1. Заимствованная гипертрофированная идеальная гипподамова система в виде ортогональной планировочной структуры – со своими «кардо» и «декуманус», на роль которых могут претендовать несколько центральных проспектов (Ленинский проспект, Московский проспект, проспект Степана Разина). 2. Усвоенная из утопии «Промышленного города» Тони Гарнье поточная организация города, подчиненная принципам конвейера, которые затем перешли в догмы «Афинской Хартии» [9]. 3. Описанное в 1920-х гг. Н.А. Милютинным распределение вдоль параллельных линий всех функций городского организма для обеспечения возможности роста города в двух направлениях [6]. 4. Вдохновившись примерами строительства Бразилиа и Чанди-

гарх, проектировщики Тольятти восприняли идеи «Лучезарного города» Ле Корбюзье и его последователей. В результате общественные здания стали обособленными объектами, занимающими островное положение в пространстве обширных эспланад, обрамленных трассами движения [10]. Таким образом, Генеральный план Тольятти представляет собой реализованную утопию рационально-образцового социалистического города будущего [11]. Как любая идеальная модель, в основе которой – культивация решения отдельных вопросов, город получил ряд проблем, связанных с игнорированием социального контекста. Обнаружились противоречия между массовым унифицированным централизованным индустриальным строительством, не учитывающим динамику социального контекста, и требованиями, предъявляемыми постиндустриальным обществом [12].

Предполагалось, что Тольятти станет просторным городом свободной личности. Однако в результате того, что планировочная структура была построена на основе гипертрофированного планировочного модуля, с сознательным отказом от мелкой масштабности и неправильной геометрии, город оказался лишен узких кривых переулков, небольших магазинов и учреждений, доступных для случайного прохожего. Отсутствие спонтанной уличной жизни со временем породило сенсорную депривацию [13].

Проектное предложение. Сегодня в Тольятти обострилось осознание проблемы отсутствия единства городской структуры. Преодоление технократических императивов, стремление к гуманизации среды через взаимодействие с социоконтекстом стало очевидным. Сложность и противоречивость процесса становления нового экономического уклада провоцируют появление инновационных решений.

В этом случае было бы справедливо говорить о генерировании пост-утопии – новой утопии, отрицающей предыдущую на основе осознания отживших нереализуемых принципов. Здесь уместно заметить, что реализуемость первой утопии была исчерпана, нарушение социального закона, игнорирование градоформирующей роли социоконтекста явилось решающим обстоятельством. Целью новой утопии становится решение проблемы разобщенности и автономности трех районов города, а также формирование идентичности. Для решения этих проблем необходима организация новой морфоструктуры на базе учета социоконтекста.

Группа молодых архитекторов в рамках выпускной квалификационной работы выдвинула идею новой организации, объединяющей город с помощью введения новой морфологической единицы – макрокаркаса. Макрокаркас

объединяет все три района города и превращает фрагментированную территорию в целостную урбанистическую среду. В рамках концепции нового макрокаркаса городской структуры Тольятти система связанных дискретных центров призвана сформировать у жителей представление о единстве городского центра.

Проектом предполагается тактичное отношение к исходному градостроительному материалу – «законсервированный» рисунок опорной планировочной структуры воспроизводит себя в каждом узле, придавая новому градостроительному элементу необходимую морфоструктурную индивидуальность и остаточную историчность. В сущности, происходит воспроизводство образа места в новой морфоструктуре.

В местах пересечения русел нового макрокаркаса формируются очаги социальной активности как реакция на социальный контекст. Узлы, образующие систему городского центра, составляют структурно-функциональную основу пространственно-планировочного построения города. Узлы, расположенные в местах с высокой транспортной доступностью, сочетают в себе максимальную плотность размещения общественных объектов с социально-функциональным разнообразием – сфера услуг, транспортные терминалы, общественные службы, культурные учреждения, общественные городские пространства (рис. 5).

Структура сегрегации слоев транспортного движения новой модели основывается на требованиях социоконтекста. Транспортное движение раскладывается на транзитные потоки, учитывающие масштаб автомобилизации, заложенной в первоначальной утопии и потоки местного значения, с более плотной структурой и масштабом старого города. Транзитное дви-

жение вынесено на надземный уровень, отдавая приоритет социоконтексту в уровне земли.

Основой макрокаркаса является транзитная сеть скоростных дорог, позволяющая сочетать высокую скорость передвижения с мало травмирующими последствиями для существующей городской ткани и природных зон, линии монорельса призваны связывать важнейшие центральные узлы. Развитая транспортная система должна снизить контраст «центр – периферия», увеличивая транспортную доступность и экономический потенциал городских земель. Сокращение времени на транспортную коммуникацию позволит сформировать единое восприятие городской системы – как частей общей структуры.

Заключение. Тольятти – город с нелинейной природой формирования морфоструктуры. Каждый новый виток его развития сопровождался отрицанием предыдущего. В результате сложилось условное соседство автономных городских фрагментов с общим острым культурно-историческим дефицитом.

Автозаводский район города Тольятти – пример собирательного образа градостроительных утопий XX века и последний всплеск реализации социальной утопии, для которых реализуемость возможна при определенном комплексе условий. Такими условиями явилось воодушевление подъема социального послевоенного настроения и атмосфера, поддерживающая инновационные передовые идеи, которые провоцировали реализацию градостроительных экспериментов.

Логика принципов Афинской хартии, воспринятая социалистическим строем и преобразованная в градостроительную стратегию, была лишена концептуальности и очищена от романтизма. Уместно отметить переход соци-

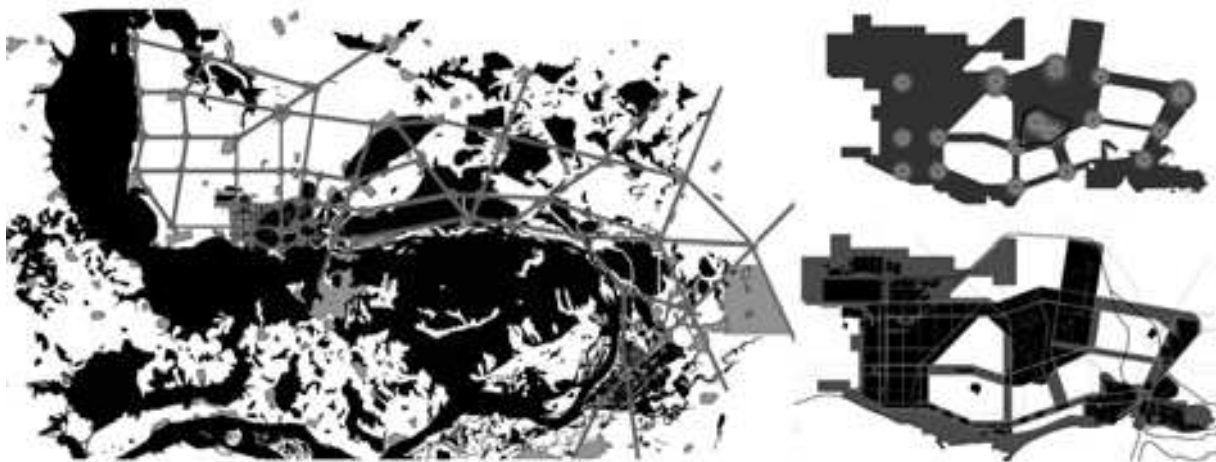


Рис. 5. Перспективная модель развития структуры Тольятти

альной утопии в стадию концепции, а затем в стадию проекта. Таким образом, утопическая модель Автозаводского района, хотя и имела черты утопии, по сути несла сугубо практический смысл.

Ныне сложившийся город Тольятти представляет собой сочетание отдельных ядерных структур, между которыми существует разрыв в виде реликтового лесопарка. С точки зрения проблем социального контекста, основной проблемой является отсутствие у населения восприятия города как единого целого. Преодоление этой проблемы возможно за счет сокращения транспортных коммуникаций и образования нового структурного каркаса – новой утопии «экзоскелета», предметом которой становится архитектурная среда в целом, спо-

собная адаптироваться к социальным и экономическим изменениям, с целью компенсации несовершенства существующей морфоструктуры. Модель нового макрокаркаса, в свою очередь, базируется на принципах Кензо Танге и его утопии «Токио-1960», основанной на логике коммуникационных систем – физических и визуальных, образующих открытую для развития систему [14]. Если раньше развитие Тольятти шло по экстенсивному пути – трансляция модернистской сетки, то экологическая модель мышления предполагает уплотнение застройки и локализацию – путь интенсификации. Морфоструктура генерального плана развивающегося организма города ставится в зависимость от социального контекста – сложившихся социальных связей (рис. 6).

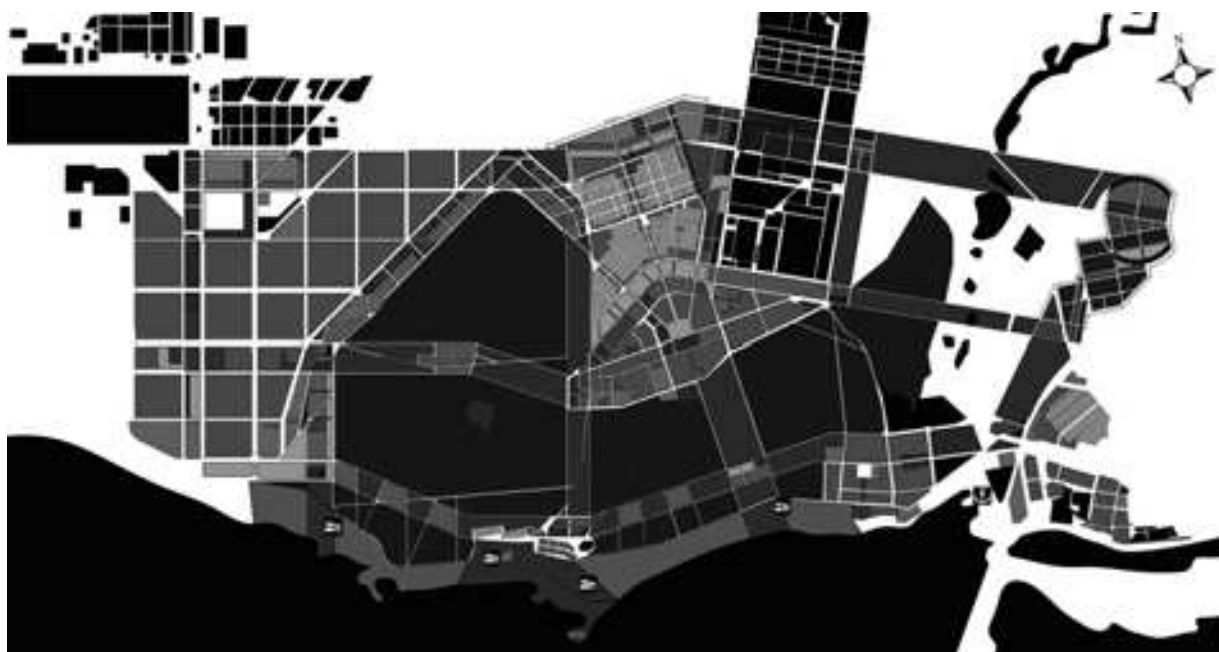


Рис. 6. Генеральный план Нового Тольятти

Выводы. 1. Превалирующие факторы, обеспечивающие реализуемость первой утопии для Тольятти сегодня деактуализированы. Изменения в мировоззрении стали причиной того, что модернистская парадигма больше не работает. Изменился императив – не государство, а частный инвестор выступает в роли заказчика. Обострился фактор нереализуемости – социоконтекст: если в парадигме советского общества народ рассматривался в качестве равноправной, равноправной массы, состоящей из универсумов, то постиндустриальное общество – это поле отдельных индивидов.

2. Согласно стратегии пространственного развития России до 2030 г., крупные города

должны стать драйверами развития страны. Особая ответственность ложится на крупнейшую нестоличную Самарско-Тольяттинскую агломерацию [15]. В ближайшей перспективе государством планируется создание скоростного железнодорожного сообщения между Самарой и Тольятти, которое даст эффективный толчок макроэкономическому развитию региона и обеспечит доступность рабочих мест. Однако в настоящий момент интеграция городских населенных пунктов в единую динамическую систему с производственными, транспортными и культурными связями не наблюдается. Для этого требуется развитие всей хозяйственной инфраструктуры, инновацион-

ные проекты и решения. В связи с этим создание нового макрокаркаса ускорит социальное и экономическое развитие Тольятти, объединение морфоструктуры города повлечет за собой формирование идентичности, а следовательно, концентрацию социального ресурса.

3. Предложенный в настоящей статье, как пример, проект сети скоростных городских дорог позволит наладить взаимосвязь между узлами – центрами, охватывая, таким образом, территорию всего города. Концепция макрокаркаса строится на глубоком анализе социоконтекста и морфоструктур составных частей города, а также поиске детерминизма между формой и содержанием.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sanders P.S., Woodward S.A. Morphogenetic analysis of architectural elements within the townscape // *Urban Morphology*. 2015. № 19 (1). С. 5–24.
2. Белла Ф. Тольятти. Рождение нового города. Екатеринбург: Tatlin, 2014. 144 с.
3. Siegelbaum L.H. Cars for Comrades: The Life of the Soviet Automobile. Cornell University Press, 2008. 309 с.
4. Рубаненко Б., Шквариков В., Боcharов Ю., Кутырев Е. Проблемы планировки и застройки города Тольятти // *Архитектура СССР*. М.: Литература по строительству. 1968. № 6. С. 1–13.
5. Боcharов Ю.П., Хан-Магомедов С.О. Николай Милютин. М.: *Архитектура-С*, 2007. 79 с.
6. Хан-Магомедов С.О. *Архитектура советского авангарда*. М.: Стройиздат, 1996. 719 с.
7. Рубаненко Б.Р., Образцов А.С., Савельев М.К. *Новый Тольятти*. М.: Знание, 1971. 64 с.
8. Шлиенкова Е.В. «Городские центры» и природный каркас Тольятти // *Урбоэкология. Экологические риски урбанизированных территорий / Самарский научный центр РАН, Самарский государственный университет*. Самара, 2017. С. 238–247.
9. Иконников А.В. *Архитектура XX века. Утопии и реальность*: в 2 т. Т. I. М.: Прогресс-Традиция, 2001. 656 с.
10. Иконников А.В. *Архитектура XX века. Утопии и реальность*: в 2 т. Т. II. М.: Прогресс-Традиция, 2002. 672 с.
11. Жилкин С.Ф. и др. *Стратегическое городское планирование / СамГАСА*. Самара, 2001. 260 с.
12. Яковлев И.Н. Структуроформирование каркаса расселения Самарской области (исторический анализ, планировочная оценка и прогноз развития) // *СГАСУ*. Самара, 2008. 120 с.
13. Murphy E., Hourani N.B. *Modernity Unbound: Tol'iatti as the New Soviet City Par Excellence // The Housing Question*. Routledge, 2016. С. 37–48.
14. Адонина А.В., Артемьева Т.Г. Специфика градостроительных утопий в творчестве японских метаболитов // *Традиции и инновации в строительстве и архитектуре*. Архитектура и дизайн: сб. ст. / под ред. М. И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Е.А. Ахмедовой; СГАСУ. Самара, 2016. С. 204–208.
15. Ахмедова Е.А. Особенности градостроительных трансформаций в Самаро-Тольяттинской агломерации с учетом ее приграничного положения // *Градостроительство и архитектура*. 2011. № 2. С. 5–9. DOI: 10.17673/Vestnik.2011.02.1.

REFERENCES

1. Sanders P. S., Woodward S. A. Morphogenetic analysis of architectural elements within the townscape. *Urban Morphology*, 2015, no.19 (1), pp. 5 – 24.
2. Bella F. Togliatti. Tol'yatti. *Rozhdenie novogo goroda* [The birth of a new city]. Yekaterinburg: Tatlin, 2014. 144 p.
3. Siegelbaum L. H. Cars for Comrades: The Life of the Soviet Automobile. Cornell University Press, 2008. 309 p.
4. Rubanenko B., Shkvarikov V., Bocharov Yu., Kutyrev E. Problems of planning and development of Togliatti city. *Arkhitektura SSSR* [Architecture of USSR]. Moscow, Liter po str-vu Publ., 1968, no.6, pp. 1 – 13. (in Russian)
5. Bocharov Yu. P., Khan-Magomedov S. O. *Nikolay Milyutin* [Nikolay Milyutin]. Moscow, Arkhitektura-S Publ., 2007. 79 p.
6. Khan-Magomedov S. O. *Arkhitektura sovetskogo avangarda* [The architecture of the Soviet avant-garde]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1996. 719 p.
7. Rubanenko B. R., Obraztsov A. S., Savel'ev M. K. *Novyy Tol'yatti* [New Togliatti]. Moscow, Znanie Publ., 1971. 64 p.
8. Shlienkova E. V. "City centers" and the natural framework of Togliatti. *Urboekologiya. Ekologicheskie riski urbanizirovannykh territoriy* [Urboecology. Environmental risks of urban areas]. Samara, Samarskiy nauchnyy tsentr RAN, Samarskiy gosudarstvennyy universitet, 2017, pp. 238 – 247. (in Russian)
9. Ikonnikov A.V. *Arkhitektura XX veka. Utopii i real'nost'* [Architecture of XX century. Utopias and reality]: Moscow, Progress-Traditsiya Publ., 2001. V. I. 656 p.
10. Ikonnikov A.V. *Arkhitektura XX veka. Utopii i real'nost'* [Architecture of XX century. Utopias and reality]: Moscow, Progress-Traditsiya Publ., 2002. V. II. 672 p.
11. Zhilkin S. F. i dr. *Strategicheskoe gorodskoe planirovanie* [Strategic Urban Planning]. Samara, SamGASA, 2001. 260 p.
12. Yakovlev I. N. *Strukturoformirovanie karkasa rasseleniya Samarskoy oblasti (istoricheskiy analiz, planirovochnaya otsenka i prognoz razvitiya)* [Structural formation of the settlement frame of the Samara region (historical analysis, planning assessment and development forecast)]. Samara, SGASU, 2008. 120 p.
13. Murphy E., Hourani N. B. *Modernity Unbound: Tol'iatti as the New Soviet City Par Excellence. The Housing Question*. Routledge, 2016, pp. 37–48.
14. Adonina, A.V., Artemeva, T.G. The specificity of urban planning utopias in the creativity of Japanese

metabolists. *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Arkhitektura i dizayn* [Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and design]. Samara, SGASU, 2016, pp. 204-208. (in Russian)

15. Akhmedova E. A. Peculiarities of town planning transformation in Samara-Togliatti agglomeration with taking into consideration its frontier location. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Planning and Architecture]. Samara, SGASU, 2011, no.2, pp. 5 – 9. (in Russian) Doi: 10.17673/Vestnik.2011.02.1

Об авторах:

АРТЕМЬЕВА Татьяна Геннадьевна

доцент кафедры архитектуры
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: tatart2@gmail.com

ARTEMEVA Tatiana G.

Associate Professor of the Architecture Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: tatart2@gmail.com

АДОНИНА Анна Владимировна

аспирант кафедры градостроительства
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: adoninanna@gmail.com

ADONINA Anna V.

Post-Graduate Student of the Town Planning Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: adoninanna@gmail.com

Для цитирования: *Артемьева Т.Г., Адонина А.В. Об основных факторах влияния на вектор развития реализованной градостроительной утопии // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 83–91. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.12.*

For citation: *Artemeva T.G., Adonina A.V. Main factors influencing the vector of development of the implemented urban utopia. Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 83–91. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.12.

Уважаемые читатели!

Научно-технический журнал «Градостроительство и архитектура» приглашает Вас опубликовать статью.

Журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий, индексируется в РИНЦ, CrossRef и ERIH PLUS

По вопросам, связанным с публикацией статей, обращаться **vestniksgasu@yandex.ru**

Полная информация о журнале на сайте **journal.samgasu.ru**

Д. В. ДЕНИСОВ
М. Ю. ЖУРАВЛЕВ
Н. Ю. МЕДВЕДЕВА
И. И. МАЛКОВ

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ СЕКТОРАЛЬНОГО ЗОНИРОВАНИЯ ВНУТРИГОРОДСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ Г. МИНСКА

**FUNCTIONAL ASPECTS OF SECTORAL ZONING INTRACITY MUNICIPALITY
 (ON THE EXAMPLE OF MINSK)**

Авторами исследуется фактор пространственной ориентации в траектории развития административных районов в условиях секторального административного деления (на примере г. Минска, Республика Беларусь). В силу отсутствия методологии в западной архитектурной традиции по изучению фактора сторон света в формировании уникальных характеристик административных районов авторы обращаются к древним и современным научным источникам, содержащим такие сведения, в том числе к функционально-топологической модели. Анализ показал, что в случае с Минском урбанистические функции обнаруживают признаки секторальной дифференциации в зависимости от фактора сторон света на уровне названий районов, при размещении производств, спальных районов, учреждений высшего образования, НИИ.

Ключевые слова: основные стороны света, промежуточные стороны света, Васту-видья, планирование архитектурного ландшафта, функциональное зонирование

The authors study the spatial orientation factor in the development trajectory of administrative regions in the context of sectoral administrative division (for example, Minsk, Republic of Belarus). Due to the lack of a methodology in the Western architectural tradition for studying the factor of cardinal points in the formation of unique characteristics of administrative regions, the authors turn to ancient and modern scientific sources containing such information, including the functional topological model. The analysis showed that in the case of Minsk, urban functions show signs of sectoral differentiation depending on the factor of cardinal points at the level of district names, with the placement of industries, sleeping areas, higher education institutions, research institutes.

Keywords: main cardinal points, intermediate cardinal points, Vastu-vidya, architectural landscape planning, functional zoning

Введение. Административное деление возникает в результате применения приемов пространственного распределения функциональных зон в городской среде и деления города на подсистемы, называемые районами, которыми удобно управлять как целостными элементами. Границы районов определяются границами функциональных зон города и границами зон застройки определенного типа (т. н. морфотипом – «хрущевки», «панельки» и т. д), которые формировались в различные исторические периоды. В греческой античности планировка города, для которой характерно наличие пяти общественных функциональных центров, осуществлялась в виде геометрически правильной сетки, воспроизводящей планировку воинского лагеря [1, с. 75–88]. В Европе исторические периоды развития городов характеризовались как «стихийно» формируемой структурой, так и внедрением центрической композиционной

схемы с геометрически правильной сеткой. Современная градостроительная структура высокоурбанизированного города устойчиво развивается на основе полицентричной ветвевой планировки и включает центры социальной, культурной, торговой и деловой активности. По результатам анализа, проведенного М.В. Шубенковым, наиболее устойчивые по степени целостности типов пространственной организации – структуры прямоугольной конфигурации с ветвевым или лучевым композиционным решением [2, с. 38, 39, 50].

В Древнем Китае решающее значение имела проекция на администрируемое пространство представлений о структуре мироздания, представленной схемой магического квадрата Ло-шу, в котором первые девять чисел располагаются так, что в каждом направлении их сумма составляет число 15. Образ Универсума обнаруживался и в резиденции Императора (т. е.

в центральном месте Империи), которую называли «Домом Календаря» или «Храмом Света» (Ming-tang). Если план Ming-tang включал в себя девять залов, имеющих форму совершенных квадратов, то девять провинций Империи были в большей степени вытянутыми прямоугольниками. Восемь залов резиденции Императора, расположенные по периметру, имели 12 выходов вовне, аналогичных 12 вратам «Небесного Иерусалима», причём восточные ворота соответствовали весне, южные – лету и т. д. Император выполнял в Ming-tang по ходу годового цикла круговое движение в «солнечном» направлении, утверждая в 12 проёмах распорядка, соответствующие двенадцати месяцам. В аналогичном порядке Император посещал и провинции Империи. В обоих случаях он каждый раз возвращался в центральную резиденцию [3, с. 96–100].

Сравнение схемы административного деления, принятой в Древнем Китае, с административным делением городов Минск (348,84 км², около 12,6 млн. чел. на 01.01.2019 г.) и Москва (2561,5 км², около 1,99 млн. чел. на 01.01.2019 г.) позволяет обратить на количество выделяемых районов в качестве главного критерия выделения административных единиц, придав формам, которые они могут принимать, вторичный статус. В Минске каждый из 9 административных районов имеет форму сектора. В Москве с 1991 по 2012 гг. выделялось 10 административных округов (охватывавших 125 районов), которые образовывали правильную окружность. Восемь из них расположены секторально вокруг Центрального округа, 12 станций Кольцевой дороги Московского метрополитена соответствуют 12 вратам древних священных строений, упомянутых выше. Зеленоградский округ, десятый, расположен отдельно в 37 км к северо-западу от центра Москвы. К настоящему времени в юго-западном направлении добавились ещё два округа. Пример территориально-административного деления Самары, города, вытянутого в северо-восточном направлении и насчитывающего девять административных районов, показывает, что форма – явление вторичное. Динамика освоения пространства в Самаре определяется всё более расширяющимся пространством по мере удаления от стрелки рек Самары и Волги. Последовательность административных районов, формы которых самые разнообразные, отражает этапы исторического развития г. Самары.

Традиционно в функциональном зонировании учитываются фактор освещённости, предполагающий ориентацию относительно сторон света, и направления движения воздушных потоков при привязке архитектурного объ-

екта к местности (роза ветров). Анализ принципов выделения административных районов городов предполагает обращение к историческим и территориально-административными процессам. Однако при секторальном делении городских пространств значимость пространственной ориентации административного района возрастает, чем и определяется необходимость исследования фактора сторон света в формировании уникальных характеристик городских пространств. В силу отсутствия соответствующей методологии в западной архитектурной традиции следует обратиться ко всем источникам и научным дисциплинам, в которых тем или иным способом фиксируются уникальные характеристики сторон света с целью описания урбанистических функций с учётом фактора сторон света.

Предпосылки и методология исследования. Общеизвестное противопоставление культур и политики Запада и Востока – неотъемлемая часть культурологического дискурса, но не считается актуальным для решения градостроительных задач. Функциональное прочтение древнеиндийских мифологем, связанных с восточной стороной света, позволяет выявить следующие функции: а) алтарная сторона света (в которой живут божества); б) функция управления глобальными процессами (аналогично тому, как божества управляют стихиями и усмиряют их); в) рекреационная функция (считается, что божества живут среди деревьев в парках и рощах); г) функция героизма (их посещают избранные цари-герои); д) функция зрелищности (божества в отличие от людей не страдают, а пребывают в постоянном созерцании, слушают небесных певчих и смотрят танцы небесных танцоров) [4, с. 207, 208].

Функциональное прочтение древнеиндийской мифологемы, связанной с Западом как стороной демонов, позволяет обратить внимание на реализацию в данном секторе пространства положительных аспектов соревновательности, воинственности и властности, характерных для этих мифических существ, в виде функций размещения финансовых, коммерческих учреждений, административных органов управления и функции демонстрации воинской доблести. Западноевропейская учёность (функция «лучшие традиции в образовании») в данном контексте выступает в качестве фактора, второстепенного по отношению к функции воинственности и усиливающего её потенциал [4, с. 210–212].

Перевод с языка мифологической образности на язык функций в применении к функциональному зонированию был предпринят в коллективном исследовании «Первоначала как

фактор организации и освоения пространства: генезис, число, топология, вероятность, классификация» (2016 г., под общ. ред. Д.В. Денисова), установившем в рамках функционально-топологической модели (ФТМ) общие закономерности для освоения микро- и макропространств от подворий, парков и площадей до крупных городов, мегаполисов, конурбаций, включая процессы геополитики. Исходя, главным образом, от древнеиндийской мифологии и Ваасту-видьи, науки об архитектуре и ритуальном освоении участков и строений, авторским коллективом были выделены онтологические, урбанистические, приватные и индивидуальные функции для каждого из восьми секторов пространства. Первичная информация о Ваасту-видье содержится в санскритских переводах «Агни-пурааны» и «Матсья-пурааны» Е.В. Тюлиной [5], в статье Н.Г. Нестеренко «Строительный ритуал в древней Индии» [6, с. 13–23] и в книге С.М. Неаполитанского «Сакральная архитектура мира. Созидательные принципы мировой гармонии» [7, с. 200–261]. Описание функций в исследовании «Первоначала как фактор организации и освоения пространства: генезис, число, топология, вероятность, классификация» осуществлялось на примере исторического центра Санкт-Петербурга, архитектурных ансамблей Самары и Самарско-Тольяттинской агломерации-конурбации, которая была расширена авторами посредством включения в неё небольших городских образований (Новокуйбышевск, Чапаевск, Сызрань, Октябрьск, пос. и аэропорт Курумоч), расположенных вокруг Самарской Луки (120-километровая излучина р. Волги). В ходе исследования Самара была представлена как две единицы анализа: Самара – историческая и Самара – промышленная [4, с. 195, 202]. Начальный этап формирования данного подхода отражает статья Д.В. Денисова «Городские образования в районе Самарской Луки с точки зрения мифологии пространства и «широтной» компаративистики» [8]. Основные положения авторов настоящего исследования отражены в статье «Функционально-топологическая модель освоения пространства (на примере площади Славы г. Самары, Самарской конурбации и исторической части г. Санкт-Петербурга)» [9]. Последующий этап представлен в статье «Комсомольская площадь г. Самары как предмет функционально-топологического анализа» этого авторского коллектива в его расширенном составе [10].

Северная сторона света получала в уже упомянутой планировке древнегреческих воинских лагерей особый статус, так как в ней размещалась резиденция военачальника [1, с. 75–88]. По наблюдению А.А. Люсого для северных

культур характерно преобладание крупных сырьевых и сетевых корпораций [11]. Объединяет эти два столь различных применения функция управления сетевыми и крупными производственными комплексами. В качестве примера может быть приведено нахождение Управления Куйбышевской железной дороги (филиал ОАО РЖД) в северном секторе Комсомольской площади (привокзальная площадь) г. Самары и Куйбышевской ГЭС в северном секторе Самарской Луки (с учётом Волжско-Усинского перешейка).

Мифологические и религиозные представления в этих культурах основаны на понятии цикличности всех проявлений бытия. Специфика южных культур, выделяемая исследователем, состоит в традиционных формах хозяйствования и представлениях о конечности бытия и человеческого существования. Таковы ветхозаветные религии, а в Индии южная сторона света представлена богом смерти Ямой, который и есть первый смертный и правитель мира смертных [11]. Эти представления могут быть интерпретированы при переходе к вопросам функционального зонирования в условиях секторальной модели административного деления городского образования (поселения или архитектурного ансамбля) как основание для гипотезы о приоритетном размещении в южном секторе объектов интенсивной экономической деятельности, учреждений светской власти (например Законодательное собрание г. Санкт-Петербурга) и учреждений, цель которых – повышение уровня культуры народа, размещения жилой застройки, зон для поддержания здоровья, а также кладбищ [4, с. 81–84, 94]. Очевидно, что учреждения власти могут встречаться в любом из восьми секторов пространства. В настоящей статье поднимается вопрос о специфике одной и той же деятельности, реализуемой в разных секторах пространства, и о том, как эта деятельность воспринимается общественностью, т. е. о влиянии фактора пространственной ориентации на формирование имиджа того или иного учреждения или объекта.

Представления об уникальных характеристиках промежуточных секторов пространства, фиксируемые в зоопсихологии, порой обнаруживают точки пересечения с их мифологическими характеристиками. Так, взаимосвязанными оказываются отнесение в индийской мифологии к юго-западному сектору демона Раху, проглатывающего солнце, и научно зафиксированный факт того, что при мышквании лисам удаётся поразить жертву со 100-процентной эффективностью только при прыжке из юго-западного сектора [12, с. 136] (см. также многочисленные материалы в Youtube). В ФТМ

на основании этого соотнесения и анализа организации городских объектов (площадей, парков) городов Санкт-Петербург и Самара определены следующие урбанистические функции, характеризующие Юго-Запад: а) размещение оборонных производств (верфи в исторической части Санкт-Петербурга); б) регион, который извечно становится предметом интервенций; в) размещение органов исполнительной власти в регионе (администрация); г) размещение мест лишения свободы (в исторической части Санкт-Петербурга).

Согласно труду «Ведическая архитектура Ваасту: Принципы строительства вашего идеального дома», отражающему актуальные тенденции в Ваасту-видье [13], Северо-Восток – самое важное направление, отвечающее за устойчивое развитие анализируемого объекта. В нём предлагается размещение мест уединения и молитвы, а также парковочной площадки в северном и восточном секторах и, соответственно, в северо-восточном секторе. Функция Северо-Востока передаётся образом восходящего солнца, символизирующим технологический прогресс (функция научного познания), духовный рост, долгожительство и здоровье. В качестве отрицательного примера приводится континент Африка, в котором соответствующий сектор «как бы срезан», а в качестве положительного – Японские острова, вытянутые в северо-восточном направлении, и озеро Байкал [13, с. 20–22]. В исследовании «Первоначала...» специфика северо-восточного сектора в качестве транзитного, маркирующего переход от ночи к дню (т. е. из одной системы в другую), была определена посредством следующих функций: а) первичность в функциональной структуре застройки (домик Петра в Санкт-Петербурге, памятник Григорию Засекину в Самаре); б) размещение транзитных узлов и внешних транспортно-коммуникационных центров (Финляндский вокзал в Санкт-Петербурге, аэропорт Курумоч – относительно Самарской Луки) [4, с. 213–215].

Наиболее простой и наглядный способ обращения к анализу современных геополитических реалий Юго-Востока состоит в анализе различных региональных и исторических проявлений этого понятия Д. В. Денисовым на основе сравнения пяти пространственных оппозиций: 1) Луганска и Донецка по отношению к Киеву; 2) Волжской вольницы (Самарская Лука) – по отношению к Москве; 3) боярской Москвы – по отношению к Санкт-Петербургу; 4) повстанческого Курдистана – по отношению к Анкаре (Турция); 5) Юго-Восточной Азии (Индия, Китай и пр.) – по отношению к Западной Европе. В результате анализа приведённых

оппозиций были выявлены следующие функции: а) самобытность и независимость; б) плодородие и наличие природных богатств; в) самодостаточность; г) самоизоляция в некоторые исторические периоды [4, с. 144, 215–216].

Соответствующие выводы о Северо-Западе как мощном военно-политическом центре следуют из приведённых оппозиций. Одна из современных иллюстраций этой функции – НАТО, Организация Северо-Атлантического договора, пространственное обозначение, в названии которого в данном контексте следует читать как «Северо-Западный». Северо-западный сектор принят в исследовании «Первоначала...» в качестве «затактовой» точки отсчёта [4, с. 144, 218–219]. В качестве «затактового» характеризуется и следующий, северный сектор. К сказанному выше о функциях Севера Каджол Шастри дополняет функцию сохранения ценности [13, с. 139, 142]. Авторы исследования «Первоначала...» иллюстрируют эту функцию предпочтительным размещением гаражей с северной стороны от дома на приусадебном участке в поселении с ориентацией «север-юг», а также функцией размещения крупных торговых центров (функция потенциалов материальной природы) и депо (функция «точка покоя»).

Анализ. Предмет настоящего исследования – описание алгоритма секторального освоения пространства Минска на уровне выделения 9 административных районов. В ходе описания проверяется возможность применения ФТМ к анализу территориально-административного деления крупнейшего города, насчитывающего 1 992 685 жителей, и уточняются урбанистические функции данной модели. В проводимом ниже анализе учитываются следующие данные по административно-территориальным округам Минска: их названия, характер жилой застройки, количество промышленных и строительных предприятий, транспортных объектов, НИИ, проектных организаций, высших учебных заведений, республиканских органов управления, рекреационных зон и пр. В целом наблюдается в достаточной степени равное распределение промышленных предприятий, учреждений здравоохранения, высших учебных заведений (в данном случае – от Партизанского (восточного) к Московскому (юго-западному) району), поскольку в задачу градостроения входит гармоничное функционирование административно-территориальных районов. Тем не менее количественные показатели могут позволять определять общее направление, в котором развивается район, служить основанием для соотнесения административных районов Минска с ФТМ и описания в терминах этой модели. Для анализа закономерностей в размеще-

нии таких «обязательных» для каждого района объектов, как поликлиники, объекты общего и среднетехнического образования, районные стадионы и пр., следует обратиться к анализу конкретных архитектурных ансамблей, в которые они включены. В настоящем исследовании рассматривается самый общий уровень функционального зонирования, такого анализа не предполагающий. Данные по площади, количеству жителей и плотности населения приводятся на 01.01.2019 [14]. По результатам проведённого анализа могут быть сделаны выводы, уточняющие ФТМ и расширяющие возможности её применения.

Названия административных районов г. Минска и ФТМ. Соответствие между древнеиндийской Ваасту-видьей, ФТМ, учитывающими мифологические характеристики секторов пространства, и административно-территориальным делением г. Минска, обусловленным соответствующими социально-историческими процессами, становится очевидным уже на уровне названий районов города. Так, название «Центральный» для северо-западного района отмечает историческую точку отсчёта в развитии Минска в полном соответствии с ФТМ, а название «Советский» для северного района объясняется интерпретацией «советского отношения к человеку» как братского отношения к Другому, уже упомянутого в отношении северных культур. Название «Первомайский» отмечает переход к активности в рамках годового цикла, в то время как его северо-восточное положение отмечает переход к активности в рамках суточного цикла. Название «Партизанский» восточного района закрепляет функцию героизма, отмеченную выше, которая дополняется функцией элитности (в том числе жилья). В европейской средневековой традиции рай помещался на востоке (соответствует расположению алтаря в планировке христианского храма), а в древнеиндийской традиции Восток, место обитания божеств, которых и навещают герои-цари, т. е. восточный сектор – соотносится с зоной, очищающей от человеческих страстей и способствующей обузданию буйства стихий. В Партизанском районе Минска, соответствующем данной зоне, расположен исторический район Архиерейская слобода. Образ управления стихиями может отражаться в городском пространстве размещением объектов, осуществляющих управление глобальными процессами, включая так называемую функцию «столичности». Название «Заводской» (юго-восточный) район соотносится с функцией процветания ФТМ в самых разных применениях. В советский период в данном районе были размещены производства, значимые для

экономической стабильности СССР в целом. Названия «Ленинский» (юго-юго-восточный) и «Октябрьский» (юго-юго-западный) районы отнесены к южному сектору, составляющему в ФТМ среду обитания «простых смертных», ради которых и совершалась Октябрьская революция. Название «Московский» юго-западного сектора реализует функцию доминирования центральной власти, а название «Фрунзенский» западного района – функцию демонстрации воинской доблести: М.В. Фрунзе, полководец Гражданской войны, был первым начальником народной милиции города Минска.

Центральный (северо-западный) район (22 км²; 121 240 чел.; 5 375 чел./км²), в котором находится древний центр города Минска, иллюстрирует положение ФТМ о том, что точкой отсчёта в данной модели служит северо-западный сектор [4, с. 106, 108]. Выше северо-западный сектор был охарактеризован на уровне геополитики как мощный военно-политический центр. Каджол Шастри закрепляет за данным сектором функцию размещения готовой продукции на складе перед отправкой к заказчику (функция завершения цикла). Центральный район насчитывает 14 промышленных предприятий, 13 строительных организаций, 22 проектных и научно-исследовательских института.

Советский (северный) район (около 1300 га/13 км², в том числе около 500 га зелёных насаждений; 163 804 чел.; 11 950 чел./км²). Плотность населения (сопоставимая с таковой по Фрунзенскому (западному), району, а также по Московскому, (юго-западному), району) свидетельствует о том, что это «спальный» район, представленный главным образом многоэтажной серийной застройкой, что отражает такую функцию Севера как точка покоя. В соответствии с современными интерпретациями древнеиндийской Ваасту-видьи размещение в Советском (северном) районе библиотек (Центральная научная библиотека им. Я. Коласа НАН Беларуси, Научная библиотека Белорусского национального технического университета) охватывается функцией хранения ценного, а нахождение объединения «Западтрансгаз» соответствует функции размещения крупных сетевых корпораций в северном секторе.

Первомайский (северо-восточный) район (2640 га/ 26,4 км², в том числе около 500 га зелёных насаждений, 10 га водной поверхности; 233 241 чел., 8 670 чел./км²). Размещение учреждений: Академии Наук Белоруссии, 17 НИИ, 10 проектных организаций и 7 проектных бюро, Белорусского Парка высоких технологий, а также нового здания Национальной библиотеки и Белорусского государственного аграрного технического университета в Пер-

вомайском (северо-восточном) районе Минска соответствует функция научного-познания. На территории района 12 промышленных предприятий. Индийские источники связывают северо-восточный сектор с водой [13, с. 24–25, 4, с. 139–140], в Первомайском районе водная поверхность составляет 10 га. Обелиск на братской могиле жертв фашизма и братские могилы воинов Советской Армии, партизан и мирных жителей соотносятся в ФТМ с функцией размещения часовен, т. е. мест сосредоточения (соответствует индивидуальной функции аскетичности и отрешённости). Онтологическая функция посредничества между разными уровнями бытия (жизненными сценариями) реализуется в размещении в этом секторе киностудии «Беларусьфильм». Транзитная функция символически отмечена Детской железной дорогой.

Транспортные функции в ФТМ и г. Минска. Транспортные функции северо-восточного сектора (функция внешних транспортных объектов) и юго-восточного сектора (функция внутренних транспортных объектов), предусматриваемые ФТМ, реализуются в Минске особым образом. Они объединяются в размещении железнодорожной станции Минск-Пассажирский в Партизанском (восточном) районе. Нахождение Минского железнодорожного вокзала в Октябрьском (юго-юго-западном) интерпретируется как тенденция предоставления благ народу (в данном случае – технологических), действовавшая на момент их создания (функция повышения уровня культуры, а также жизни народа – южный сектор). Транспортная функция юго-восточного сектора проявилась в характере продукции, производимой в Заводском районе. На 60,0 % в общем объеме промышленного производства района это продукция автомобилестроения (включая МАЗ) и машиностроения.

Партизанский (восточный) район (2227 га / 22 км², из них 77,2 зелёных насаждений; 98 281, 4 434 чел./км²). Одна из функций Востока в ФТМ – функция героизма (размещение мемориальных ансамблей, мест поклонения героям), она конкретизируется в случае Минска в определении района как Партизанского. Рядом с железнодорожной станцией Степянка в советский период располагались воинские части и аэродром. Другие две – функция рекреационной зоны (размещение лесных, парковых зон и скверов) и функция зрелищности (размещение учреждений культуры и аттракционов). Первую из них воплощает в городском пространстве Минска лесопарк Степянка, состоящий из елово-соснового леса, в котором в изобилии растут краснокнижные растения (216 га, северо-восточная часть города). В середине XX в. наземные технические комплексы

и склады железной дороги определяли облик этого района.

Аттракционная функция реализуется размещением в этом районе Белорусского государственного цирка. Обе функции – рекреационная и аттракционная – воплощаются в Парке культуры и отдыха им. Максима Горького (основан З. А. Корнеевым, первым губернатором Минска, в 1805 г., 28 га), расположенном недалеко от Площади Победы, между улицами Янки Купалы, Фрунзе, Первомайской и проспектом Независимости. Исторически функция алтарной стороны света, т. е. стороны света, соотносимой с божествами, проявилась в том, что район улицы революционера Ивана Пулихова раньше назывался Архиерейской Слободой. Там преобладала малоэтажная деревянная застройка усадебного типа, а в 1960–1970 гг. было возведено жильё повышенной комфортности для номенклатурной элиты и творческой интеллигенции. Обе функции – героизма и алтарной стороны света, представленные в исследовании «Первоначала...», – трансформируются в данном случае в функцию элитности, в том числе жилья (соответствует функции столичности ФТМ). Функция аттракционности при этом дополнительно реализуется в многочисленных пилястрах, «греческих» рельефных вазах, лавровых венках, башенках со шпилями и стилизованными бойницами, лоджиях, кованных украшениях и цветниках под окнами жилых домов поселка Минского тракторного завода, появившегося в конце 1940-х одновременно со строительством завода. Партизанский район – один из самых развитых промышленных районов Минска. На его территории расположено более 20 промышленных предприятий, объём выпуска которых составляет около 20 % промышленной продукции города, а также 4 строительных организации, 6 научно-исследовательских и проектных институтов.

Функция «лучшие традиции в образовании» ФТМ и г. Минска. В ФТМ функция высшего образования закреплена за западным сектором. Поскольку во Фрунзенском (западном), Центральном (северо-западном), Советском (северном) районах Минска высшие учебные заведения отсутствуют, а в Первомайском (северо-восточный) расположен только один вуз, следует полагать, что в Партизанском районе (восточном), насчитывающем пять вузов, происходит корреляция функции столичности и функции лучших традиций в образовании (т. е. высшего образования – западный сектор в ФТМ). Далее, следуя по часовой стрелке до Московского района (юго-западный) включительно, наблюдается примерно равное количество высших учебных заведений.

Заводской (юго-восточный) район (36 км², 234 тыс. чел., 6 723 чел./км²) расположен по обе стороны от Партизанского проспекта в юго-восточной части окраины Минска, именованной до 1923 г. Архиерейской рощей или Красным урочищем (соответствует «красному углу» избы). Юго-Восток в ФТМ – в целом как зона процветания и успешного развития. В Санкт-Петербурге таким символом процветания стал Невский проспект. Территории Минска, примыкающие к Партизанскому проспекту, стали местом размещения промышленных предприятий, значимых для экономики СССР в целом. Сегодня там находятся более чем 45 крупных промышленных предприятий, включая МАЗ, дающих Минску третью часть всех экспортных поступлений. Свободная экономическая зона «Минск», расположенная в этом районе, включает в себя на начало 2019 г. 114 предприятий. Функцию объектов (аллеи, променады, проспекты), пользующихся популярностью у жителей города, восполняют хоккейная Чижовка-Арена (2014 г.) и Национальный футбольный стадион (закладка в 2019 г.).

Ленинский (южный – юго-юго-восточный) район (26 км², 1887 га, в том числе 202,3 га зелёных насаждений, 93 га водной поверхности; 219 тыс. чел., 8 428 чел./км²). Специфика этого района раскрывается наиболее ярко в размещении объектов республиканской власти и культурно-просветительских учреждений.

Функция светской власти в ФТМ и г. Минска. Выше была уже отмечена реализация управленческой функции в соответствии с ФТМ: в северо-западном секторе г. Минск – это исторический центр; в Советском районе – в виде размещения сетевых корпораций («Западтрансгаз»); в Первомайском районе (северо-восточный) – в размещении «Белорусской Академии наук»; в Партизанском районе – в виде духовной власти, представленной исторически «Архиерейской слободой», и народной силы (в данном случае – партизанского движения), умиряющей грозную стихию войны. Управленческая функция (функция власти, передаваемой по линии иерархической преемственности и светской власти) южного сектора представлена на территории Ленинского района: Резиденцией Президента Республики Беларусь, девятью министерствами (в том числе – Министерство иностранных дел, Министерство промышленности), рядом других органов государственного управления (в том числе – Конституционный суд, Высший хозяйственный суд, Исполкомом СНГ, а также восемью иностранными посольствами). Хозяйственная функция представлена 19 предприятиями, производящими 23,7 % от общего промышленного производства Минска.

Функция повышения уровня культуры народа. Многочисленные культурно-образовательные учреждения республиканского значения, включая концертные залы, театры, музеи и крупные библиотеки, размещаются в Ленинском (юго-юго-восточном), Октябрьском (юго-юго-западном) и Московском (юго-западном) районах, т. е. в районах, содержащих параметр «южный».

Октябрьский (юго-юго-западный) район (1927 га / 19,27 км², 2100 га, в том числе зелёных насаждений 518 га; 156 тыс. чел., 8 066 чел./км²). Относительно ФТМ Октябрьский район, как и Ленинский район, относится к южному сектору, в силу чего в нём должны действовать сопоставимые тенденции. Однако размещение в этом секторе Минского железнодорожного вокзала, как и аэропорта «Минск-1», не охватываемое транспортными функциями ФТМ, может быть интерпретировано и близостью к юго-западному сектору, одна из функций которых размещение крупных технологических комплексов [13, с. 195, 196]. В Октябрьском районе размещены 18 промышленных предприятий, 19 научных и проектно-конструкторских организаций, жилые микрорайоны и жилищные комплексы, два стадиона.

Московский (юго-западный) район (30 км²; 303 тыс. чел., 10 055 чел./км², плотность в 1,7 раза выше, чем по городу Минску). В Москве в аналогичном секторе (но в Западном Округе) размещается МГУ, в Минске – Белорусский государственный университет, Белорусский государственный педагогический университет, Белорусский государственный медицинский университет. На территории района расположены 21 промышленное предприятие, 31 строительно-монтажная и наладочная организация (в том числе 9 трестов и 2 объединения), 30 научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов и конструкторских бюро. Крупные медицинские учреждения представлены в Минске в юго-западном секторе, а не в северо-западном, как в ФТМ, такими как Республиканский консультативный эндокринологический центр, Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии, Минский консультационно-диагностический центр, Республиканский научно-практический центр оториноларингологии. Как уже было отмечено, этот сектор характеризуется в ФТМ необходимостью усиления позиций государства. Возможно, в Минске в реализации этой функции агент был сделан на вопросах здравоохранения.

Фрунзенский (западный) район (43 км², 231 га зелёных насаждений; 463 тыс. чел., 11 020 чел./км²). На территории района 22 промышленных предприятия, среди них крупные, 11 строи-

тельных организаций, автохозяйства. Работают научно-исследовательские и проектно-конструкторские организации, вычислительные центры, предприятия коммунально-бытового обслуживания, в том числе управление дорожно-мостового строительства и благоустройства города, производственные объединения «Беларусь» и «Труд», завод «Рембыттехника». Высшие учебные заведения отсутствуют.

Выводы. Анализ на примере административного деления г. Минска показал, что реализация урбанистических функций в восьми секторах пространства обнаруживает признаки функциональной дифференциации как на уровне названий районов, так и при размещении производств, спальных районов, научно-исследовательских учреждений, учреждений культуры, органов власти, парковых ансамблей. Отличия наблюдаются в размещении вузов, железнодорожных вокзалов и медицинских учреждений республиканского значения, которые могут объясняться: а) объединением функции столичности и функции высшего образования в восточном секторе; б) тенденцией размещения в XIX в. в южном секторе архитектурных ансамблей, технологических достижений, поставленных на благо народа; в) усиленном внимании государства к проблемам здравоохранения (для юго-западного сектора). Анализ размещения сопоставимых объектов в разных городах, в которых реализована секторальная схема административно-территориального деления, открывает в дальнейшем возможность выявления различий в характере деятельности этих учреждений и в её восприятии общественностью в зависимости от расположения в том или ином секторе пространства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поляков Е.Н., Крюкова Ю.Е. Планировка и функциональное зонирование древнегреческих и римских городов в трудах античных авторов // Вестник ТГАСУ. 2015. № 2. С. 75–88.
2. Шубенков М.В. Структура архитектурного пространства : дис. ... д-ра арх.: 18.00.01. М., 2006. 335 с.
3. Рене Генон. Великая Триада / пер. с фр. Т.Б.Любимовой. М.: Беловодье, 2010. 224 с.
4. Первоначала как фактор организации и освоения пространства: генезис, число, топология, вероятность, классификация: монография / Д.В. Денисов, М.Ю. Журавлёв, Н.Ю. Медведева и др.; под общ. ред. Д.В. Денисова. Самара: Изд-во СамГУПС, 2016. 352 с.
5. Тюлина Е. В. Храм, мир, текст: вастувидья в традиции пуран. М.: Вост. лит., 2010. 255 с.
6. Нестеренко Н. Г. Строительный ритуал в древней Индии // История мировой культуры: традиции, инновации, контакты. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. С. 13–23.
7. Неополитанский С. М., Матвеев С.А. Сакральная архитектура мира. Созидательные принципы мировой гармонии. М.: Амрита, 2013. 608 с.
8. Денисов Д. В. Городские образования в районе Самарской Луки с точки зрения мифологии пространства и «широтной» компаративистики // Городская культура и город в культуре: материалы научно-практической конференции: в 3 ч. Т. 1. Самара: Самарский гос. ун-т культуры, 2012. С. 172–189.
9. Денисов Д.В., Журавлёв М. Ю., Медведева Н.Ю. Функционально-топологическая модель освоения пространства (на примере площади Славы г. Самара, Самарской конурбации и исторической части г. Санкт-Петербурга) // Аспирантский Вестник Поволжья. 2015. № 7-8. С. 34–40.
10. Денисов Д.В., Журавлёв М. Ю., Медведева Н.Ю., Хохрин А.С. Комсомольская площадь г. Самара как предмет функционально-топологического анализа // Градостроительство и архитектура. 2018. № 4. С. 67–73. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.04.12.
11. Люсьи А. А. Глобальные ориентиры и региональные онтологии культуры (Северо-Юг: российский и мировой) // Философские науки. 2008. № 10. С. 75–85.
12. Broschart J. Der gepolte Fuchs / J. Broschart // GEO. 2011. Nr. 3. S. 136.
13. Каждол Шастри. Ведическая архитектура Васту: Принципы строительства нашего идеального дома / пер. с англ. М., 2014. 224 с.
14. https://ru.wikipedia.org/wiki/Административное_деление_Минска – Режим доступа свободный (дата обращения: 18.11.2019).

REFERENCES

1. Polyakov Ye. N. Planning and functional zoning of ancient Greek and Roman cities in the works of ancient authors. *Vestnik T GASU* [Bulletin of T GASU], 2015, no 2, pp. 75–88. (in Russian)
2. Shubenkov M.V. *Struktura arkhitekturnogo prostanstva*: Dokt. Diss. [The structure of the architectural space]. Moscow, 2006, 335 p.
3. Genon R. *Simvolny svyashchennoi nauki* [Symboles de la Science sacrée] / transl. from French. M., Belovod'e Publ, 1997, 496 p.
4. *Pervonachala kak faktor organizacii i osvoeniya prostranstva: genezis, chislo, topologiya, veroyatnost', klassifikaciya* [Origins as a factor in the organization and development of space: genesis, number, topology, probability, classification]. Edited by D.V.Denisov. Samara, SamGUPS Press, 2016, 352 p.
5. Tyulina E. V. *Khram, mir, tekst: vastuvid'ya v traditsii puraana* [The temple, the World, the Text: Vaastuvidyaa in the Tradition of the Puraanas]. M., Vost. lit. Publ, 2010, 255 p.
6. Nesterenko N. G. The construction ritual in ancient India. *Istoriya mirovoy kul'tury: traditsii, innovatsii, kontakty* [History of world culture: traditions, innovations, contacts]. M., Mosk. un-t Publ., 1990, pp. 13–23.

7. Neopolitanskiy S. M. *Sakral'naya arkhitektura mira. Sozidatel'nyye printsipy mirovoy garmonii* [Sacred architecture of the world. Creative principles of world harmony]. M., Amrita Publ, 2013, 608 p.

8. Denisov D.V. City formations in the region of Samara Luka from the point of view of the mythology of space and "latitudinal" comparative studies. *Gorodskaya kul'tura i gorod v kul'ture. Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii v 3-kh chastyakh* [Urban culture and a city in culture. Materials of the scientific-practical conference in three parts], vol. 1. Samara, 2012, pp. 172–189. (in Russian)

9. Denisov D.V., Zhuravlyov M.Yu., Medvedeva N. Yu. Functional and topological model of space development (on the example of the Glory Square of Samara, Samara Conurbation and the historical part of St. Petersburg). *Aspirantskiy Vestnik Povolzh'ya*, 2015, № 7–8. pp. 34–40. (in Russian)

10. Denisov D.V., Zhuravlov M. YU., Medvedeva N.YU., Khokhrin A.S. Komsomolskaya Square of Samara as a subject of functional topological analysis. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2018, no 4. pp. 67–73. (in Russian)

11. Lyusyi A. P. Global landmarks and regional ontologies of culture. North-South: Russian and world. *Filosofskie nauki* [Philosophical sciences], 2008, no 10, pp. 75–85. (in Russian)

12. Broschart J. Der gepolte Fuchs. *GEO*, 2011, no 3, p. 136.

13. Kazhdol Shastri. *Vedic architecture of Vastu: Principles of building our ideal home*. M., 2014, 224 p.

14. *Administrativnoye deleniye Minska* [Administrative division of Minsk]. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (accessed: November 18, 2019).

Об авторах:

ДЕНИСОВ Денис Викторович

кандидат культурологии, доцент кафедры лингвистики
Самарский государственный университет путей сообщения
443066, Россия, г. Самара, ул. Свободы, 2 В
E-mail: denisansk@gmail.com

DENISOV Denis V.

PhD in Culturology, Associate Professor of the Linguistics Chair
Samara State Transport University
443066, Russia, Samara, Svobody str., 2 B
E-mail: denisansk@gmail.com

ЖУРАВЛЁВ Михаил Юрьевич

кандидат архитектуры, доцент кафедры архитектуры
Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: mihail_zhuravlev@inbox.ru

Zhuravlev Mikhail Yu.

PhD in Architecture, Associate Professor of the Architecture Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: mihail_zhuravlev@inbox.ru

МЕДВЕДЕВА Наталия Юрьевна

ассистент кафедры архитектурно-строительной графики и изобразительного искусства
Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: g_n_y@bk.ru

MEDVEDEVA Natalia Yu.

Assistant of the Architectural and Construction Graphics and Fine Arts Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: g_n_y@bk.ru

МАЛКОВ Игорь Игоревич

кандидат архитектуры, доцент кафедры архитектуры и строительства
Белорусский государственный университет транспорта
246653, Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Кирова, 34
E-mail: apgs@bsut.by

MALKOV Igor I.

PhD in Architecture, Associate Professor of the Architecture and Construction Chair
Belarusian State University of Transport
246653, Republic of Belarus, Gomel, Kirova str., 34
E-mail: apgs@bsut.by

Для цитирования: Денисов Д.В., Журавлев М.Ю., Медведева Н.Ю., Малков И.И. Функциональные аспекты секторального зонирования внутригородского муниципального образования г. Минска // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 92–100. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.13.

For citation: Denisov D.V., Zhuravlev M.Yu., Medvedeva N.Yu., Malkov I.I. Functional aspects of sectoral zoning intracity municipality (on the example of Minsk). *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 92–100. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.13.

Д. А. КОЛЕВАТЫХ**ВЕТВИ. ГРАДООБРАЗОВАНИЕ И ЧЕЛОВЕК**

FORK. URBAN PLANNING AND HUMAN

Рассматривается связь явлений, происходящих на нашей планете. Автор предлагает взглянуть на процесс градообразования как на одно из них, ставя его в один ряд с явлениями как биологического, так и физического характера. В статье приведена классификация некоторых явлений, происходящих в наблюдаемой реальности. Выдвигается гипотеза, которая сопровождается анкетным исследованием. Высказанная гипотеза частично касается вопроса о корректности работы архитектора относительно сохранения историко-архитектурного наследия внутри городского пространства. Параллельно предлагается переосмыслить понятие «историко-архитектурный памятник» в контексте города относительно его жителей. Статья сопровождается иллюстративным материалом, выполненным автором.

Ключевые слова: архитектура, градостроительный анализ, ветви, развилки, природные явления, биодизайн, градостроительство, теория архитектуры, память, историко-архитектурное наследие, жители города

Стандартными стадиями исследования являются: наблюдение, постановка эксперимента, сравнение и измерение полученных данных. Однако зачастую исследователя подталкивает на эти действия интуитивное понимание общего механизма взаимодействия явлений в природе, это понимание основано на ранее собранных фактах. Также влияние оказывает желание подтвердить или опровергнуть разрабатываемую гипотезу. Интуиция (от лат. *Intueor* — пристально смотрю) в области научного познания является внутренним компасом, который указывает исследователю направление движения его мысли, но ни в коем случае интуиция не заменяет проверяемость полученных данных. Скорее интуиция является признаком внутренней потребности человека к анализу окружающего мира и поиску ответов на фундаментальные вопросы.

Один из таких случаев в истории науки, который можно отнести к интуитивному пониманию явления, произошёл в Гренландии в 1912 г. Немецкий метеоролог Альфред Вегенер предложил теорию о медленном дрейфе материков. Изложенная им мысль состояла в том, что на

The relationship of the phenomena occurring on our planet is considered. The author suggests looking at the process of city formation as one of them, putting it on a par with phenomena of both a biological and physical nature. The article provides a classification of some phenomena occurring in observable reality. A hypothesis is put forward, which is accompanied by a questionnaire study. This hypothesis partially relates to the question of the correctness of the architect's work regarding the preservation of historical and architectural heritage within urban space. In parallel, it is proposed to rethink the concept of "historical and architectural monument" in the context of the city with respect to its inhabitants. The article is accompanied by illustrative material by the author.

Keywords: architecture, urban planning analysis, branches, forks, natural phenomena, biodesign, urban planning, theory of architecture, memory, historical and architectural heritage, city residents

нашей планете в далёком прошлом существовал протоконтинент, который вследствие воздействия неких сил распался на несколько меньших континентов, которые, в свою очередь, под воздействием этих же необъяснимых сил начали отдаляться друг от друга. В то время теория Вегенера имела косвенные аргументы в свою пользу в виде геологического сходства в строении континентов, наличия общих представителей ископаемых флоры и фауны, сходства очертаний береговой линии западной Африки и Южной Америки, а также поддержки некоторых учёных, ранее высказывавшихся в пользу этой гипотезы. Однако прямых доказательств его доводам не было. Науке не были известны силы, которые могли бы передвигать целые континенты, помимо этого не было технологии, с помощью которой можно было бы исследовать данный вопрос. Спустя время, когда была открыта технология эхолокации в 1940-е гг., данная теория Альфреда Вегенера была подтверждена в рамках составления карты дна мирового океана министерством ВМС США. Результаты исследования дна океана показали наличие вулканических гор, хребтов и впадин, разделяющих земную кору

на плиты. Это открытие легло в основу нового раздела геологии – тектоники [1].

В рамках своей дисциплины и опираясь на уже проведённые исследования в сочетании с интуитивным пониманием проблематики, автор данной статьи хотел бы взглянуть на город как на макромасштабную ветвеобразную проекцию, структура которой встречается повсеместно в нашем мире. В то же время процесс формирования города предлагается рассмотреть как явление биологического характера, но не как процесс, который обособлен от других явлений, а представляет собой закономерную природную типологическую цепочку событий, отражающих многообразие и родство явлений, происходящих на нашей планете. По мнению автора, город для людей является не только самой удобной моделью существования, но и их внешней фенотипической проекцией [2]. С анатомической точки зрения человек как существо имеет ветвеобразную структуру (рис.1). Город же, созданный человеком, имеет подобную ветвеобразную организацию и выступает как внешняя проекция своего создателя. Одновременно происходит своего рода проекция и отзеркаливание ветвеобразной структуры. По сравнению с остальным животным миром человек имеет более высокую степень эволюции, и, как следствие, фенотипологическая проекция человека имеет более сложную организацию, нежели у других существ на нашей планете. Однако и им свойственна ветвеобразность и построение подобных ветвеобразных систем. Также автор хотел бы указать на то, что градообразование является естественным природным процессом по жизнеобеспечению людей как вида в целом. Строительство качественных коммуникаций, дорог, электрических сетей, пространств для получения услуг и возможность гарантировать безопасное существование – всё это формирует ветвеобразную структуру города. Однако ветвеобразность проявляется не только в вопросе градообразования, многие другие природные явления как физического, так и биологического характера на нашей планете имеют ветвеобразную структуру (см. рис.1). Помимо структуры «ветвей», в нашем мире, мы можем наблюдать типологию других физических и биологических явлений в форме «волн», «спиралей» и их комбинации (рис. 2), но в рамках данной статьи автор хотел бы сконцентрировать своё внимание на «ветвях» и их составном элементе – «развилках». В растительном мире появление формы «развилки» обусловлено эволюцией. По расчётам некоторых источников примерно 485 млн лет назад в ордовийском периоде палеозойской эры появились первые сосудистые растения.

Спустя примерно 125 млн лет в каменноугольном периоде появляются деревья [3, 4]. Разветвлённая структура деревьев формировалась не только в кроне дерева, но и в его корневой системе. Можно предположить, что данная форма кроны обусловлена потребностью растения получить большую площадь покрытия для фотосинтеза, а развитие разветвлённой корневой системы обусловлено получением большего объёма питательных веществ из почвы. Параллельно хотелось бы отметить, насколько зависимо существование человека на нашей планете от растительного мира, который его окружает, и каким любопытным образом в сущность анатомии самих людей и их деятельности встроена ветвеобразная структура, которая появилась на нашей планете задолго до появления самого человека. Созданная природой сотни миллионов лет назад данная технология стоит у истоков биодизайна и определяет самого человека и его фенотипическую проекцию. На технологию в свою очередь повлияли условия среды, в которой она зарождалась. Анализируя данную типологию, мы понимаем, что ветвеобразность – это не что иное как технология транспорта и маршрутизации элементов от исходной точки к точке назначения. Если мы рассмотрим ещё одно природное явление – молнию, а точнее причину её формообразования, то поймём, что это та же технология транспорта. Но в данном случае – транспорта электронов, разгоняющихся в электрическом поле, к примеру между тучей и землёй.

Развивая концепцию принадлежности человека к ветвеобразной типологии, автор провёл анкетнографическое исследование (рис. 3–6). Данное анкетирование связано со свойством человеческого мозга собирать, накапливать, сохранять и воспроизводить информацию, образуя память. В том числе и пространственную память о месте своего обитания. Целью анкетирования являлось выявить степень значимости деталей в пространственном образе места обитания респондента, воссозданном им по памяти, а также роль деталей в идентификации места как локаций, к которой принадлежит респондент. Порядок анкетирования выстраивался следующим образом: респондент в течение 5–10 минут должен был нарисовать по памяти образ двора и дома, в котором он живёт. Далее участвующему в эксперименте предлагалось сделать фотографию этой же локации с того же ракурса, что и его рисунок в реальности. Изучая рисунок респондента и реальную фотографию, можно предположить, какие из объектов являются маркирующими его пространственную ориентацию и идентификацию своего двора и места жительства. Любопытно,

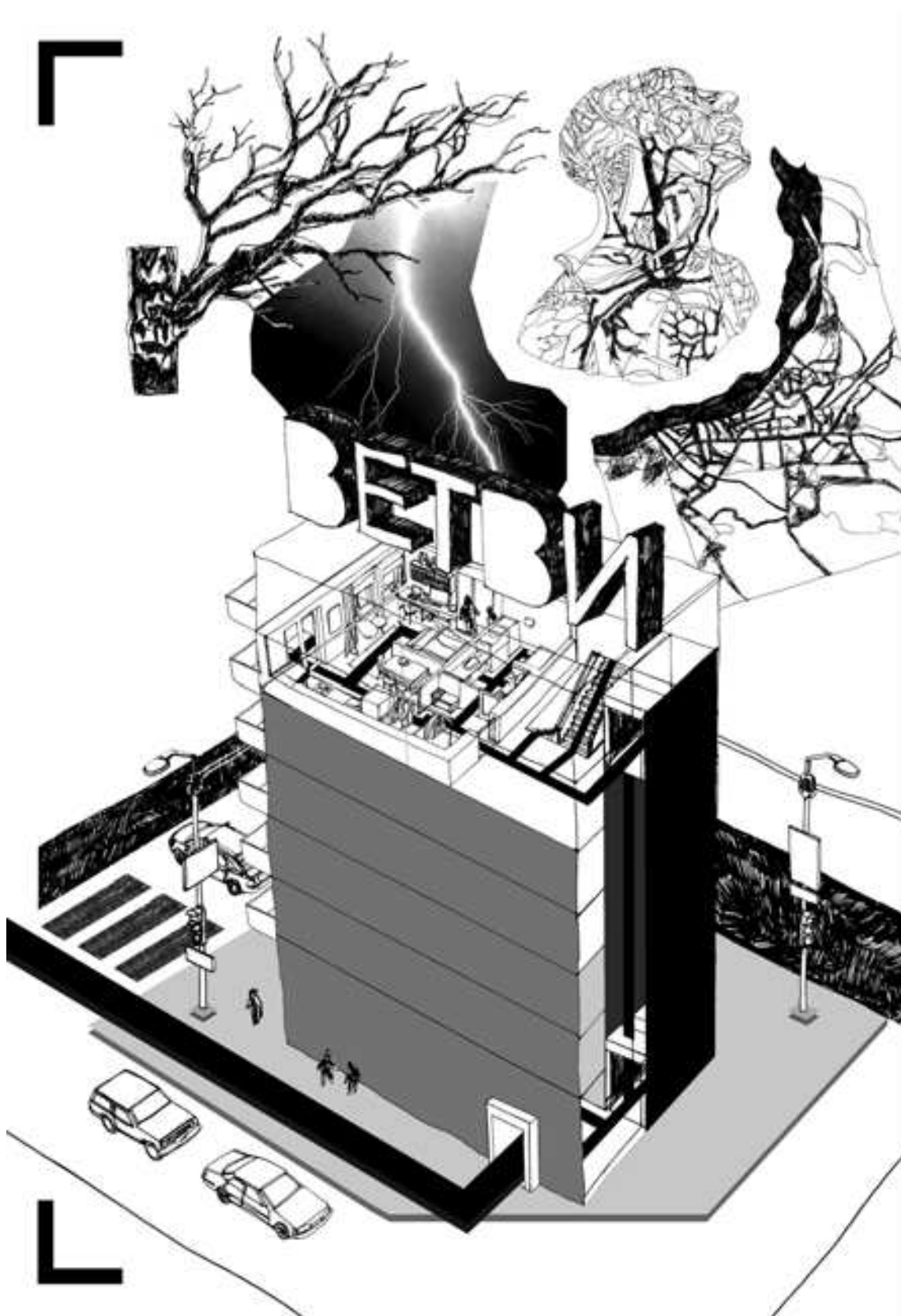


Рис. 1. «Ветви»



Рис. 2. «Спирали и волны»



Рис. 3. Участники исследования – Группа А-1



Кузнецов Илья, 20 лет,
ГРАДО, 3 курс
АСА СамГТУ.



Леонова Виктория, 20 лет,
ГРАДО 3 курс,
АСА СамГТУ.



Рис. 4. Участники исследования – Группа В-1



Рис. 5. Участники исследования – Группа А-1

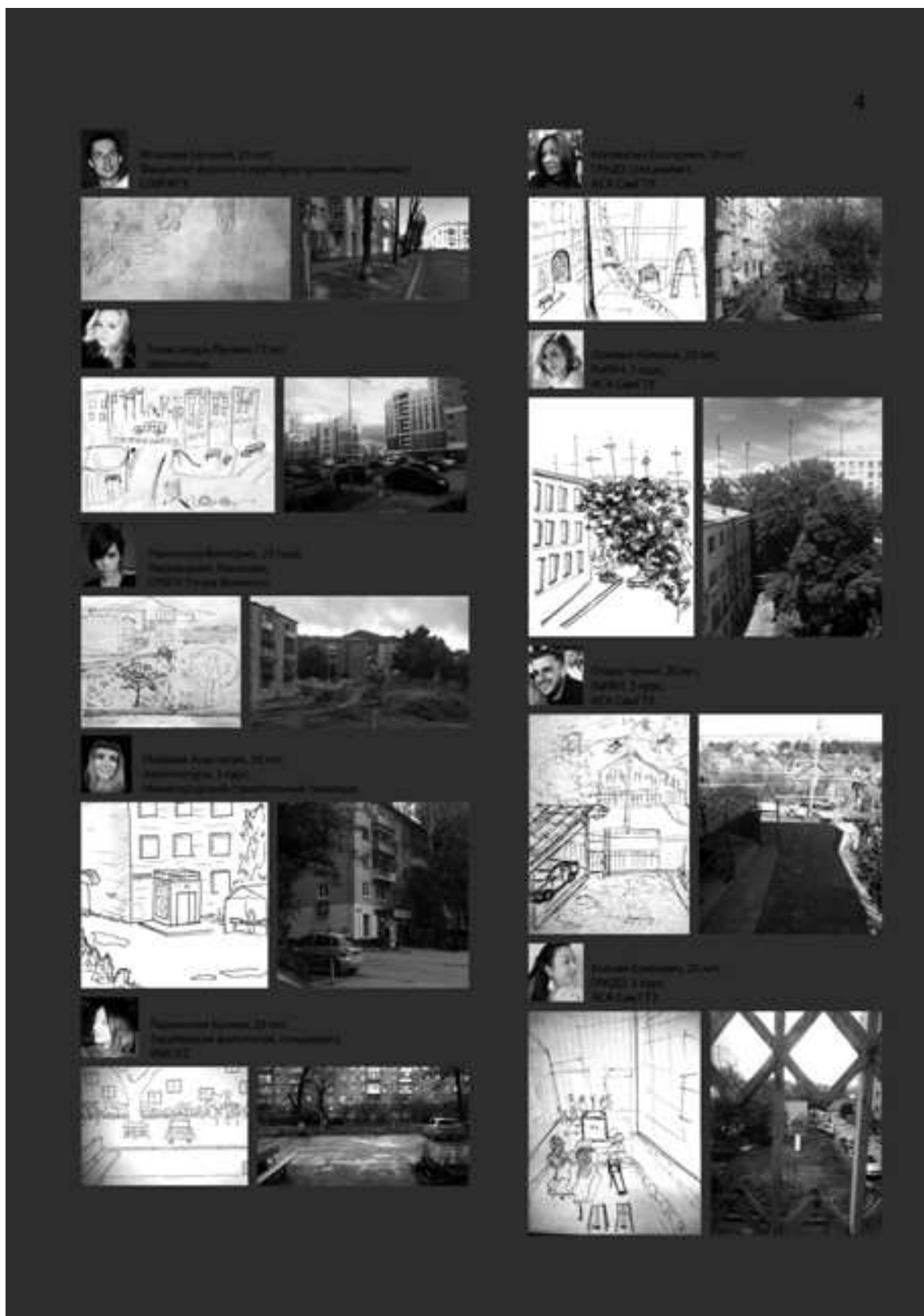


Рис. 6. Участники исследования – группа А-1 и группа В-1

что по результатам анкетирования привязкой к фиксации пространства в памяти респондентов, как правило, являлась художественная композиция, пейзаж местности или одномоментный образ, в котором с позиции анализа архитектурной среды отмеченные на рисунках деревья, малые архитектурные формы и прочие объекты в рамках градостроительства имеют статус вспомогательных объектов при благоустройстве. Однако в анкетном исследовании респонденты, как правило, уделяли внимание именно подобным объектам вспомогательного статуса, которые формируют у них стойкий образ дома и родного пейзажа. По мнению автора, стоит пересмотреть вопрос о том, какие объекты являются де-факто историко-архитектурно ценными и маркирующими местность жителя города с позиции самого жителя, а не городского застройщика. Также одной из причин данного анкетирования послужил тот факт, что человек, забывший фрагмент нужной информации старается выстроить логическую цепочку (ветвь) с момента, в котором он уверен до искомого забытого фрагмента. Этот аспект наводит на мысль, что хранение памяти и обращение к ней происходит в каком-то смысле по ветвевой структуре. Исходя из того, что человеку свойственна ветвевая структура, а город является физической фенотипической и ветвевой проекцией человека, и пространственная память человека об этом городе и в целом обладает косвенными признаками ветвевой структуры, можно предположить, что в пространстве города существуют доминантные объекты, подобные стволу дерева, питающие жизнь воспоминаний в сознании человека об объектах, которые с этой доминантой связаны. А также эти доминанты стимулируют рост новых ответвлений, тем самым развивая структуру памяти человека о пространстве города, и образуют последовательную историко-архитектурную сеть из якорей, которые фиксируют память человека о данном пространстве и его принадлежности к этому месту. В понимании концепции сохранения историко-архитектурного наследия возникает вопрос о том, какие именно объекты являются более ценными для сохранения, а какие менее относительно памяти каждого жителя, живущего в той или иной среде. Любопытно, что в археологии артефакты быта и предметы повседневного использования затерянных цивилизаций рассматриваются в современной науке как одни из ключевых объектов, описывающих жизнь и историю цивилизаций прошлого, в то время как в современном мире, наводнённом множеством современных объектов массового производства, вопрос о их сохранении не рассматривается.

Выводы. Исходя из вышеописанного можно сказать о том, что любой объект, произведённый человеком, является в перспективе исторически ценным, однако ценность любого рукотворного объекта может оцениваться по индексу повторяемости и оригинальности [5]. Кроме этого, по мнению автора статьи, понятие «истории» неразрывно связано с понятием «памяти» как возможности мозга обращаться к «памяти» в виде «истории» для анализа и планирования будущих действий. Подходя к вопросу сохранения культурного бэкграунда как ментального, так и материального, встаёт острый вопрос: что признаётся достойным сохранения, а что – нет. Память сохраняет информацию о объектах не только антропогенного, но и природного происхождения [6]. В контексте города пространственная память синтезирует различные маркеры в единую модель, которая и формирует образ узнаваемого пейзажа. Иными словами, особенности биотопа [7], в котором живёт человек, могут включать в себя понятия ландшафта, климата и субъективной сенсорики звуковой, цветовой и обонятельной, что и будет определять индивидуальный пространственно-архитектурный образ, хранящийся в памяти человека. В таком случае стандартные критерии оценки городского пространства, которые применяются в наше время, просто не в силах справиться с такой мультифакторной и тонкой задачей. Применяемые в настоящий момент технологии просто не смогут обработать объем данных такого порядка. Исключая субъективность и выборочность в решении вопроса сохранения историко-архитектурного наследия, мы понимаем, что объективным решением будет полное оцифровывание города как объекта, с созданием его послойной цифровой модели, отображающей поэтапное развитие [8–13]. Подходя к вопросу с научной точки зрения, последовательное и поэтапное фиксирование всей модели города с сохранением стадий развития даст более полное видение процесса градообразования, что позволит анализировать динамику многих процессов с возможностью управлять ими и реконструировать в случае утраты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Hallam A. Alfred Wegener and the hypothesis of continental drift // *Scientific American*. 1975. Т. 232. № 2. С. 88-97.
2. Колеватых Д. А. Урботропия // *Градостроительство и архитектура*. 2019. Т. 9. № 1. С.85-91.
3. Рожнов С. В. Земля в протерозое и раннем палеозое: Background ранней колонизации суши // *Ранняя колонизация суши*. 2012. С. 29.

4. Международная комиссия по стратиграфии [Электронный ресурс] <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale/> [дата обращения: 25.09.2019].

5. Колеватых Д. А. Архитектурный ордер и люди. Трейбализм и средовая замкнутость жителей России // Градостроительство и архитектура. 2017. Т. 7. №. 2. С. 76-84.

6. Burgess, Neil, Eleanor A. Maguire, and John O'Keefe. "The human hippocampus and spatial and episodic memory." *Neuron* 35.4 (2002): 625-641.

7. Haarmann, David B. *Sky, Earth, Horizon: Explorations in Transformative Architecture*. Diss. University of Cincinnati, 2015.

8. Колеватых Д. А. Макрофактурные элементы городского архитектурно-пространственного полотна // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. №. 6. С. 88-96.

9. Mallet, Clément, Frederic Bretar, and Uwe Soergel. "Analysis of full-waveform lidar data for classification of urban areas." *Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation* 5 (2008): 337-349.

10. Malambo, L., and M. Hahn. "Lidar assisted citygml creation." *AGSE* 2010 13 (2010).

11. Gruen, Armin. "Cities from the sky: photogrammetric modeling of CyberCity is coming of age." *GeoInformatics* (2001).

12. Pavlidis, George, et al. "Preservation of architectural heritage through 3D digitization." *International Journal of Architectural Computing* 5.2 (2007): 221-237.

13. Khairy, Hesham and Ayman Wanas. "Toward an Architectural Heritage TimeMap." *Proceedings of the First International Conference of the UIA-WPAHR-V on Architecture & Heritage as a Paradigm for Knowledge and Development Lessons of the Past, New Inventions and Future Challenges*. 2002.

REFERENCES

1. Hallam A. Alfred Wegener and the hypothesis of continental drift. *Scientific American*, 1975, V. 232, no. 2, pp. 88-97.

Об авторе:

КОЛЕВАТЫХ Дмитрий Алексеевич

аспирант кафедры градостроительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: eva2@mail.com

2. Kolevatykh D.A. *Urbotropia. Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and architecture], 2019, V. 9, no. 1, pp. 85-91. (in Russian)

3. Rozhnov S.B. Land in the Proterozoic and Early Paleozoic: Background of the early land colonization. *Ranmyaya kolonizatsiya sushi* [Early land colonization], 2012, pp. 29. [in Russian]

4. International Commission on Stratigraphy. Available at: <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale> (accessed September 25, 2019).

5. Kolevatykh D.A. Architectural order and people. Tribalism and environmental isolation of the inhabitants of Russia. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and architecture], 2017, V. 7, no. 2, pp. 76-84. (in Russian)

6. Burgess, Neil, Eleanor A. Maguire, John O'Keefe. The human hippocampus and spatial and episodic memory. *Neuron*, 2002, no. 35 (4), pp. 625-641.

7. Haarmann, David B. *Sky, Earth, Horizon: Explorations in Transformative Architecture*. Diss. University of Cincinnati, 2015.

8. Kolevatykh D.A. Macrofactory elements of urban architectural spatial canvas. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering], 2017, no. 6, pp. 88-96. (in Russian)

9. Mallet, Clément, Frederic Bretar, Uwe Soergel. Analysis of full-waveform lidar data for classification of urban areas. *Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation*, 2008, no.5, pp. 337-349.

10. Malambo, L., M. Hahn. Lidar assisted citygml creation. *AGSE*, 2010, p. 13.

11. Gruen, Armin. Cities from the sky: photogrammetric modeling of CyberCity is coming of age. *GeoInformatics*, 2001.

12. Pavlidis, George, et al. Preservation of architectural heritage through 3D digitization. *International Journal of Architectural Computing*, 2007, no. 5 (2), pp. 221-237.

13. Khairy, Hesham, Ayman Wanas. Toward an Architectural Heritage TimeMap. *Proceedings of the First International Conference of the UIA-WPAHR-V on Architecture & Heritage as a Paradigm for Knowledge and Development Lessons of the Past, New Inventions and Future Challenges*, 2002.

KOLEVATYKH Dmitry A.

Postgraduate student of the Town Planning Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: eva2@mail.com

Для цитирования: Колеватых Д.А. Ветви. Градообразование и человек // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 101–110. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.14.

For citation: Kolevatykh D.A. Fork. Urban planning and human. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 101–110. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.14.

О. С. СУББОТИН

СРЕДА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КОНТЕКСТЕ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ ПОСЕЛЕНИЙ КУБАНИ

LIVING ENVIRONMENT IN THE CONTEXT OF HISTORICAL DEVELOPMENT OF KUBAN SETTLEMENTS

Рассматриваются основные аспекты исторической застройки поселений исследуемого региона. Акцентируется внимание на работы ученых, посвященных изучению вопросов, связанных с особенностями архитектурной и градостроительной деятельности на территории исторических центров поселений Южного и Приволжского федеральных округов. Обозначены имеющие первостепенное значение проблемы, возникающие при реконструкции указанных центров. Объектом исследования служит традиционная среда жизнедеятельности поселений Кубани. Предметом исследования является специфика преобразования указанной среды в исторических поселениях. Цель исследования – выявление основных принципов формирования исторической среды поселений. Отмечена особенность расселения на территории Кубани в соответствии с природным потенциалом и климатическими условиями региона. Ведущая роль в статье отведена вопросам сохранения архитектурного наследия поселений. Практическая значимость исследования заключается в том, что его результаты могут быть использованы при разработках проектов реконструкции исторической застройки поселений.

Ключевые слова: среда жизнедеятельности, историческая застройка, центр, поселение, территория, традиции, сохранение, памятники, наследие, Кубань, архитектурный облик

Кубань – уникальная природная и историко-культурная территория. Уже тысячи лет назад странствующие купцы рассказывали о плодородных землях по берегам быстрой и своенравной реки, давшей имя этому краю. Кубанская земля слышала топот копыт сарматской и половецкой конницы, звон золотых монет греческих колонистов и генуэзских купцов, могучую поступь русских дружин Тмутаракани, нашествия татарских орд и османских турок. Пестрая смесь многочисленных национальностей и культур наложила отпечаток на атмосферу Кубани [1, с.14].

Историческая застройка поселений Кубани формировалась на протяжении длительной эволюции, отражая национальные традиции,

The main aspects of the historical development of the settlements of the studied region are considered. Attention is focused on the work of scientists devoted to the study of issues related to the peculiarities of architectural and urban development in the territory of historical centers of settlements of the Southern and Volga Federal Districts. The issues of primary importance arising from the reconstruction of these centers are identified. The object of the study is the traditional living environment of the settlements of the Kuban. The subject of the study is the specifics of the transformation of this environment in historical settlements. The purpose of the study is to identify the basic principles of the formation of the historical environment of settlements. The peculiarity of resettlement in the Kuban in accordance with the natural potential and climatic conditions of the region is noted. The leading role in the article is assigned to the preservation of the architectural heritage of the settlements. The practical significance of the study lies in the fact that its results can be used in developing projects for the reconstruction of historical settlements.

Keywords: living environment, historical buildings, center, settlement, territory, traditions, conservation, monuments, heritage, Kuban, architectural appearance

культурное наследие, хозяйственную деятельность, свойственную данному региону или конкретному поселению. Указанная застройка оказывала значительное влияние на качество среды обитания, на жизнедеятельность населения, на его духовный мир. Большую роль в жизнедеятельности играла окружающая среда – природные условия определенной местности, ландшафтная ситуация (рис. 1), ее экологическое состояние.

Закономерно, что в настоящее время большинство научных исследований в области архитектуры и градостроительства посвящено актуальным вопросам сохранения исторической застройки, которая является интеллектуально-духовной и материальной ценностью. Мно-

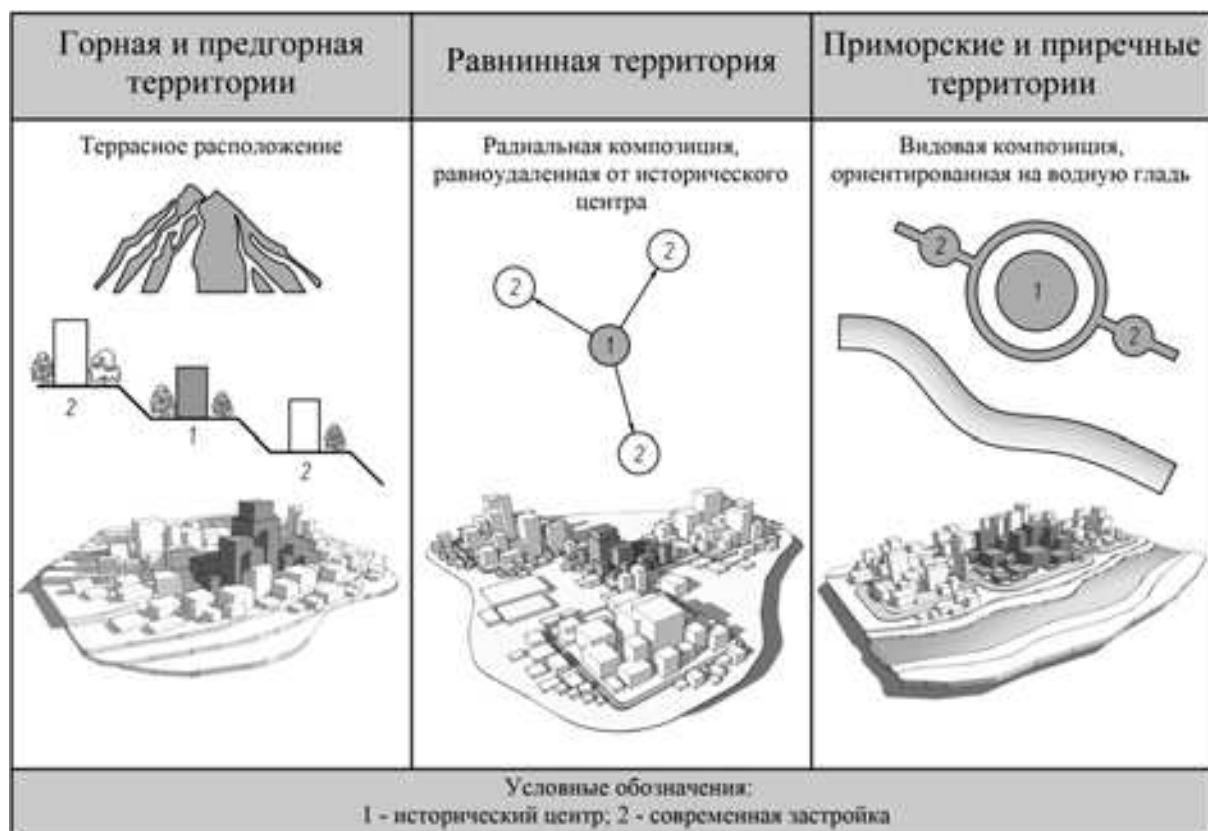


Рис. 1. Три вида территорий исторических поселений Кубани по отношению к ландшафтной ситуации

гие исследователи с различных точек зрения изучают традиционную историко-культурную среду, затрагивают проблемы градорегулирования на территориях указанной застройки, представляют свое целостное видение данной проблемы. Вместе с тем, разработанные в последнее время концепции по устойчивому развитию территорий поселений позволяют говорить об их исторической застройке как одной из фундаментальных составляющих современного градостроительства. Так, в качестве примера можно отметить работы ученых Приволжского федерального округа: Е.А. Ахмедовой, Т.В. Вавилонской, А.Л. Гельфонд, Г.А. Птичниковой, В.А. Самогорова, С.М. Шумилкина [2–7]. При этом, анализируя архивные картографические материалы близлежащих к Кубани регионов, можно проследить определенную схожесть застройки исторических центров исследуемых городов. В Южном и Приволжском федеральных округах схожесть в первую очередь заключалась в традиционной квартальной периметральной застройке.

Однако несмотря на высокую степень изученности проблемы сохранения исторической застройки указанная тема остается актуальной

не только на региональном уровне, но и на федеральном. Современные условия социально-политических и экономических изменений в государстве, ускоренные процессы урбанизации среды жизнедеятельности, особенно возросший миграционный прирост населения на Кубани, требуют взвешенного подхода к проблеме совмещения старой и новой застройки городов, гармоничного сочетания исторических и современных архитектурных зданий и сооружений.

По характеру расселения территорию Кубани можно разделить на три-четыре зоны. В степном правобережье Кубани каркас системы расселения составляет сеть крупных станций с населением до 10-30 тыс. человек, основанных в ходе казачьей колонизации в конце XVIII – начале XIX в. Местные центры городов Тихорецк, Тимашевск, Кропоткин выросли благодаря железнодорожному строительству последней четверти XIX – XX вв., став узловыми станциями (рис. 2–4). В предгорной полосе Большого Кавказского хребта (юго-восток Кубани) опорные центры расселения связаны с бывшими кордонными линиями, прежде всего Усть-Лабинской. Они контролировали выходы с гор на равнину наиболее важных сухопутных дорог



Рис. 2. Историческая застройка ст. Тихорецкой. Начало XX в.

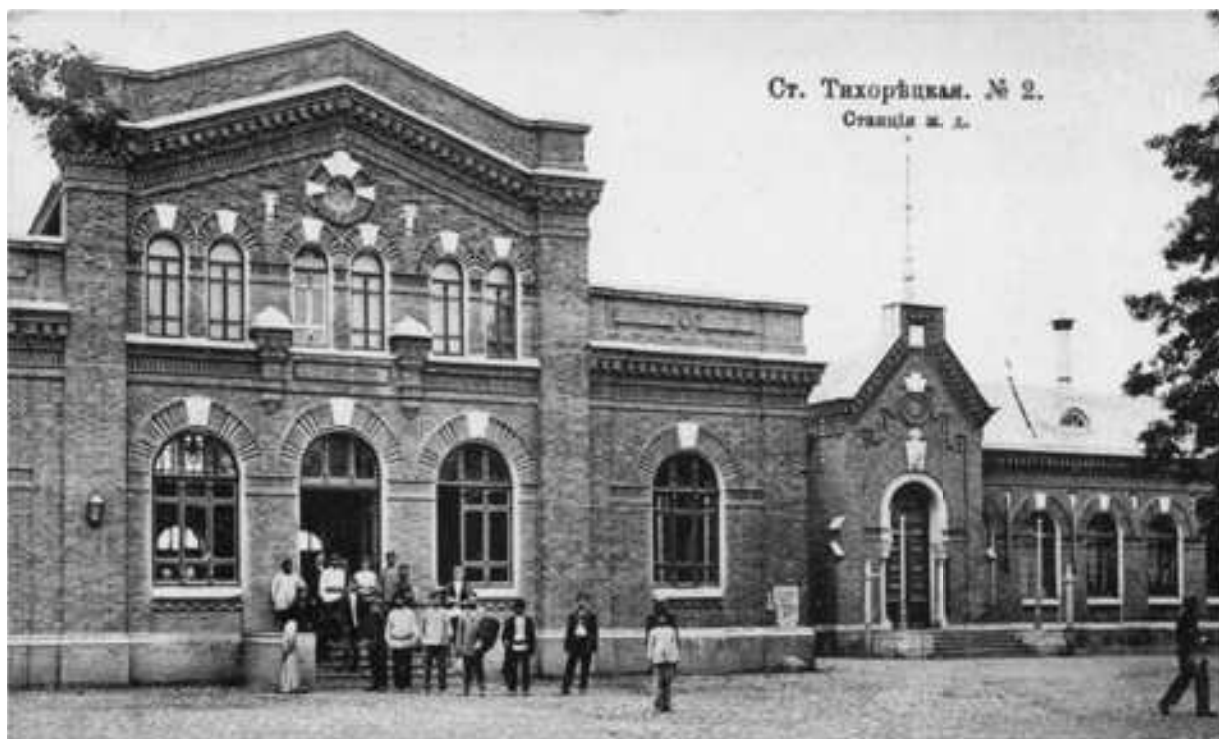


Рис. 3. Железнодорожный вокзал ст. Тихорецкой. Начало XX в.

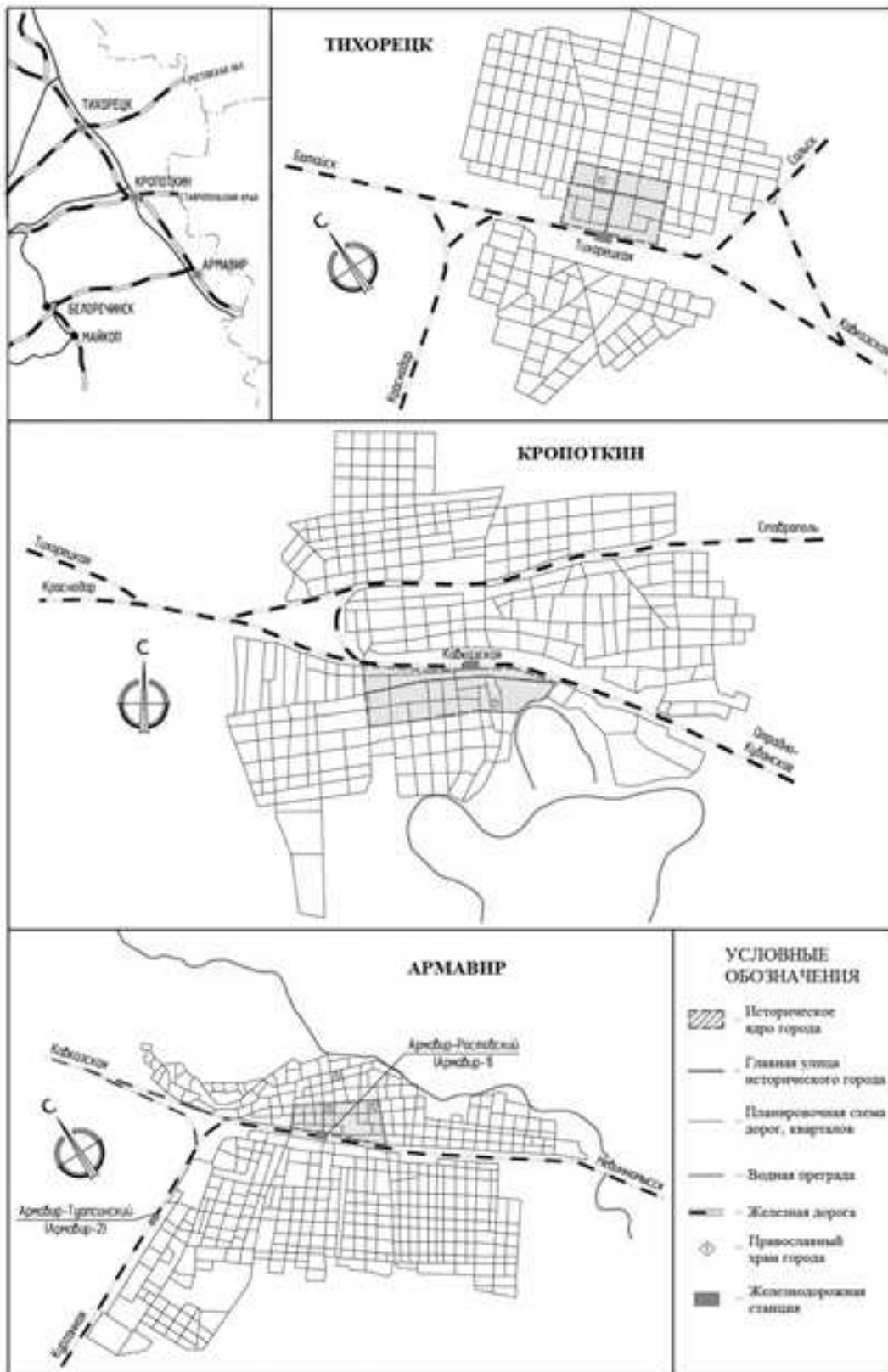


Рис. 4. Влияние железной дороги и вокзалов на формирование и развитие населенных мест [9, с.10]

и рек. Приморская полоса разбивается на две части, при этом старые портовые центры Приазовья оказались в тени городов черноморского побережья. Черноморские города фактически превратились в непрерывную цепь поселений: «Большой Сочи» (включающий наряду с собственно Сочи – Хосту, Лазаревское, Адлер, Красную Поляну), «Большой Геленджик» (с Архипо-Осиповкой и Кабардинкой) [8, с.17].

Основным планировочным ядром большинства городов Кубани является их исторический центр, в котором сосредоточены памятники историко-культурного наследия, а также уникальные исторические градоформирующие объекты. При этом каждый город на Кубани, по-своему особенный и неповторимый, имеет свою славную историю и культуру, которые складывались на протяжении всех этапов его архитектурно-градостроительного развития и представлены не только в памятниках архитектуры, градостроительства, монументального искусства, но и в специфике застройки и планировки. Исторический центр поддерживает и сохраняет архитектурный облик города, является средоточием и концентрацией ценностей.

В то же время «опыт показывает, что проектирование и строительство в исторических центрах городов предусматривает понимание любого объекта строительной деятельности как неотъемлемую часть планировочного модуля застройки. Таким планировочным модулем является квартал. Даже если речь идет о восстанов-

лении застройки одного домовладения, проектная документация разрабатывается для всего квартала, где оно расположено» [10, с. 215]. Большая часть фонда зданий плотно застроенного центрального ядра города стареет, эксплуатация их уже сейчас требует больших расходов. Только путем постепенной, проводимой в более широких масштабах санации и реабилитации устаревших жилых кварталов, наряду с интенсивным жилищным строительством в периферийных районах можно решить проблему такой реконструкции центральной части города [11, с. 181].

Наглядным примером градостроительной реконструкции поселений Кубани может служить г. Краснодар, в котором годами формировалась особая типология исторической застройки, его основные историко-культурные достопримечательности, но со временем были утрачены ценные видовые структурные связи. На основе указанных связей первоначально в центральной части были построены зрительно соединяющиеся крупные вертикали православных храмов. «Выбор метода реконструкции и регенерации исторических кварталов требует чрезвычайно обдуманного и корректного подхода, чтобы в процессе обновления не были утрачены памятники архитектурно-градостроительного наследия, сложившиеся особенности данной архитектурной среды [12, с. 95]» (рис. 5–7).

У плана реконструкции Краснодара – достаточно богатая на события судьба. Прежде всего необходимо подчеркнуть, что город Крас-



Рис. 5. Историческая застройка г. Екатеринодара (Краснодара). Начало XX в. Общий вид города



Рис. 6. Историческая застройка г. Екатеринодара (Краснодара).
Начало XX в. Улица Красная



Рис. 7. Историческая застройка г. Екатеринодара (Краснодара).
Начало XX в. Екатерининская улица близ вокзала

нодар (до декабря 1920 г. – Екатеринодар) был основан как столица Черноморского казачьего войска и формировался как войсковой укрепленный пункт. Этим обстоятельством объясняется сложившаяся и сохранившаяся с незначительными изменениями до настоящего времени планировочная структура центра

города – регулярная строгая сетка кварталов размерами около 150x150 м и улицами шириной 15–20 м, что, с одной стороны, служит важным элементом своеобразия города, его историко-этнографического колорита, а с другой – ограничением планировочного развития центральной части города [13, с. 7] (рис. 8).



Рис. 8. Проект планировки центральной части муниципального образования город Краснодар

Поэтому в целях сохранности исторической среды городов должны быть детально изучены вопросы, связанные с особенностями архитектурной, градостроительной и строительной деятельности на территории исторических центров поселений и стратегией сохранения, рационального использования памятников историко-культурного наследия. В Краснодаре, при выполнении градостроительной документации, особенно важно раскрыть город к реке Кубань, использовать своеобразие природного ландшафта. Город отвернут от реки, формирующей градостроительную ось. Река Кубань делит город Краснодар и территорию республики Адыгея на две части, в то время как она должна визуальнo и в плане связывать берега. Доказательством гармоничного сочетания архитектуры и природы может служить пример варианта проекта восстановления центральной части Сталинграда, разработанного Академией архитектуры под руководством К.С. Алабяна в 1944 г. «Идея раскрытия города к реке – главное, что определяло построение Генерального плана Академии архитектуры [14, с. 293]». В отношении линейно-планировочной структуры города к водной артерии следует отметить г. Сочи, а именно утвержденный в 1934 г. первый генеральный план реконструкции города. «Архитектура зданий середины XX в. решалась в строгой гармонии с окружающей природой и несла специфические черты своего времени» [15, с. 50].

Рассматривая историческую застройку поселений, следует отметить, что особое внимание в России уделено законодательной и нормативно правовой базе в области архитектурной и градостроительной деятельности. Так, в ст. 60 Федерального закона «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002 № 73-ФЗ отмечается, что градостроительная деятельность в историческом поселении, включающая в себя разработку градостроительных регламентов, должна осуществляться с учетом требований к сохранению планировочной структуры исторического поселения, размерам и пропорциям зданий и сооружений, использованию отдельных строительных материалов, цветовому решению и т. д. Законом Краснодарского края от 08.05.2014 № 2948-КЗ введен перечень исторических поселений регионального значения с описанием границ их территорий, в которые входят: города Краснодар, Анапа, Армавир, Ейск, Сочи и станция Тамань.

Вместе с тем «детально изучить планировочные структуры всех городов страны, определить закономерности их развития и в соответствии с этим наметить будущее представляется маловероятным. Наиболее рациональным под-

ходом к решению данной проблемы становится классификация исторических планировочных структур городов и изучение наиболее ярких представителей каждой группы» [16, с. 96].

Выводы. Необходимо особо выделить, что характерной особенностью современной действительности является все возрастающая активность, постоянное движение, непрерывное общение с окружающим миром, природой, проявляющиеся во всех аспектах жизни общества. При этом закономерно появляется необходимость трансформации пространства среды жизнедеятельности, но неизменными остаются традиции, исторически сложившиеся и передаваемые из поколения в поколение. «Бережное вхождение в историческую среду с новыми элементами, учитывающими сложившийся градостроительный контекст, позволяет сохранить и повысить архитектурный потенциал исторической зоны. Значительное внимание следует уделять масштабам соразмерности пространств нового и старого, отражающей и сохраняющей специфический строй и дух среды. Следует помнить, что сформированная человеком жилая среда сама воздействует на человека и во многом определяет его образ жизни» [17, с. 28]. «Градостроительная эффективность комплексного проведения мероприятий по развитию и реконструкции состоит в получении высокого архитектурно-художественного и функционального результата благодаря осуществлению целостного градостроительного замысла» [18, с. 381]. «Каждый вид ограничений должен быть оценен как с социальных, так и с экономических позиций, и в этом контексте регулирование как форма ограничений инвестиционно-строительной деятельности путем разработки, согласования и утверждения генеральных планов поселений, правил землепользования и застройки территорий должно быть экономически обосновано на каждом этапе подготовки проектно-планировочных документов» [19, с. 36].

Таким образом, историческая застройка поселений Кубани, складывающаяся на протяжении веков эволюционного развития, должна бережно сохраняться, так как она уникальна и неповторима, тесно связана с историческими событиями, она воспринимается независимо от того, сколько лет тому или иному поселению. Ведущая роль в решении указанной задачи должна отводиться стратегии сохранения, рационального использования памятников историко-культурного наследия. «Взаимодействие архитектуры и ее потребителей является важной мировоззренческой и теоретической проблемой, которая на каждом историческом этапе имеет свои решения» [20, с. 10].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Субботин О.С. Важнейшие этапы освоения Кубани и стратегия ее развития // Вестник МГСУ. 2011. № 2–2. С. 14–18.
2. Ахмедова Е.А., Борисова Е.П. Развитие архитектурно-планировочной структуры города Самары в 1920–2000 годы // Архитектура и строительство России. 2016. № 4 (220). С. 12–21.
3. Вавилонская Т.В. Задачи системного планирования в условиях архитектурно-исторической среды // Вестник МГСУ. 2009. № 2. С. 14–17.
4. Гельфонд А.Л. Общественные пространства исторического центра Нижнего Новгорода // Тр. конгр. 16-го Междунар. науч.-пром. форума: в 3 т.: сб.: Великие реки' 2014 / НГАСУ. Н. Новгород, 2014. С. 110–116.
5. Птичникова Г.А. Особенности архитектуры послевоенного периода в Сталинграде // Архитектура сталинской эпохи: Опыт исторического осмысления / сост. и отв. ред. Ю.Л. Косенкова. М.: Комкнига, 2010. С. 237–250.
6. Рыбальченко Ю.Д., Самогоров В.А. Градостроительные преобразования в провинциальных городах России XVIII – начала XX вв. // Приволжский научный журнал. 2009. № 2 (10). С. 65–71.
7. Шумилкин С.М. Сохранение застройки исторических улиц Нижнего Новгорода // Материалы Междунар. науч.-пром. форума: сб.: Великие реки' 2004 / НГАСУ. Н. Новгород, 2004. С. 370–371.
8. Субботин О.С. Развитие систем расселения и самобытные черты в планировке населенных мест Кубани // Жилищное строительство. 2014. № 11. С. 16–22.
9. Субботин О.С. Архитектура железнодорожных комплексов в системе города // Жилищное строительство. 2013. № 2. С. 9–13.
10. Вавилонская Т.В. Стратегия обновления архитектурно-исторической среды: монография / СГАСУ. Самара, 2008. 368 с.
11. Перени И. Город, человек, окружающая среда: проблемы рекреации в строительстве. Будапешт: Изд-во Академии наук Венгрии, 1981. 185 с.
12. Субботин О.С. Архитектура общественно-торговых центров в исторической части города на примере городов Кубани // Градостроительство и архитектура. 2017. Т. 7, № 1. С. 94–97. DOI: 1017673/Vestnik.2017.01.16.
13. Субботин О.С. Особенности реконструкции исторической застройки городского центра Краснодара // Жилищное строительство. 2011. № 4. С. 7–9.
14. Антиофеев А.В., Птичникова Г.А. Приоритеты градостроительного развития города через призму генеральных планов (на примере Сталинграда-Волгограда) // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 28(47). С. 292–300.
15. Субботин О.С. Архитектурно-планировочное наследие Сочи // Жилищное строительство. 2012. № 5. С. 48–51.
16. Климова Ю.В., Шумилкин С.М. Планировочная структура города-крепости как основа создания современных градостроительных концепций // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 11. С. 95–99.
17. Субботин О.С. Особенности регенерации кварталов исторической застройки. Ч. II // Жилищное строительство. 2012. № 11. С. 26–29.
18. Градостроительные основы развития и реконструкции жилой застройки / под. общ. ред. Ю.В. Алексеева. М.: АСВ, 2009. 640 с.
19. Митягин С.Д. Градостроительство. Эпоха перемен. СПб.: ЗАО Изд-во «Зодчий», 2016. 280 с.
20. Птичникова Г.А. Архитектура и потребитель: метаморфозы города под влиянием глобального туризма // Социология города. 2010. № 3. С. 10–14.

REFERENCES

1. Subbotin O.S. The most important stages of the development of the Kuban and the strategy of its development. *Vestnik MGSU* [Vesnik MGSU (Monthly Journal on Construction and Architecture)], 2011, no. 2-2. pp. 14-18. (in Russian)
2. Akhmedova Ye.A., Borisova Ye.P. The development of the architectural and planning structure of the city of Samara in 1920-2000. *Arhitektura i stroitel'stvo Rossii* [Architecture and construction of Russia], 2016, no. 4 (220), pp. 12-21. (in Russian)
3. Vavilonskaya T.V. Tasks of system planning in the architectural and historical environment. *Vestnik MGSU* [Vesnik MGSU (Monthly Journal on Construction and Architecture)], 2009, no 2, pp. 14-17. (in Russian)
4. Gelfond A.L. Public spaces of the historical center of Nizhny Novgorod. *Trudy kongressa 16-go Mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma: v 3-kh tomakh: sbornik: Velikiye reki' 2014*. [Proceedings of the Congress of the 16th International Scientific and Industrial Forum: in 3 volumes: collection: Great Rivers' 2014.], NGASU, 2014, pp. 110-116. (in Russian)
5. Ptichnikova G.A. Features of the architecture of the post-war period in Stalingrad. *Arkhitektura stalinskoy epokhi: Opyt istoricheskogo osmysleniya: sostavitel' i otvetstvennyy redaktor YU. L. Kosenkova* [Architecture of the Stalin era: Experience of historical understanding: compiled and responsible editor Yu. L. Kosenkova]. M.: Komkniga, 2010, pp. 237-250.
6. Rybalchenko Yu.D., Samogorov V.A. Town – Planning transformations in provincial cities of Russia of the XVIII-early XX centuries. *Privolzhskiy nauchnyy zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal], 2009, no. 2 (10), pp. 65-71. (in Russian)
7. Shumilkin S.M. Preservation of the development of historical streets of Nizhny Novgorod. *Materialy Mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma: sbornik: Velikiye reki' 2004* [Materials of the International Scientific and Industrial Forum: collection: Great Rivers' 2004], NGASU, 2004, pp. 370-371. (in Russian)

8. Subbotin O.S. Development of resettlement systems and distinctive features in the planning of populated areas of the Kuban. *Zhilishchnoye stroitel'stvo* [Housing Construction], 2014, no. 11, pp. 16-22. (in Russian)
9. Subbotin O.S. The architecture of railway complexes in the city system. *Zhilishchnoye stroitel'stvo* [Housing Construction], 2013, no. 2, pp. 9-13. (in Russian)
10. Vavilonskaya T.V. *Strategiya obnoveniya arkhitekturno-istoricheskoy sredy: monografiya* [Strategy for updating the architectural-historical environment: monograph]. Samara, 2008. 368 p.
11. Pereni I. *Gorod, chelovek, okruzhayushchaya sreda: problemy rekreatsii v stroitel'stve* [City, man, environment: problems of recreation in construction]. Publishing House of the Hungarian Academy of Sciences, 1981. 185 p.
12. Subbotin O.S. The architecture of public shopping centers in the historical part of the city on the example of the cities of the Kuban. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2017, Vol. 7, no. 1, pp. 94-97. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2017.01.16.
13. Subbotin O.S. Features of the reconstruction of the historical buildings of the city center of Krasnodar. *Zhilishchnoye stroitel'stvo* [Housing Construction], 2011, no 4, pp. 7-9. (in Russian)
14. Antyufeyev A.V., Ptichnikova G.A. Priorities of urban development of the city through the prism of master plans (for example, Stalingrad-Volgograd). *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture], 2012, Issue 28 (47), pp. 292-300. (in Russian)
15. Subbotin O.S. Architectural and planning heritage of Sochi. *Zhilishchnoye stroitel'stvo* [Housing Construction], 2012, no 5, pp. 48-51. (in Russian)
16. Klimova Yu.V., Shumilkin S.M. Planning structure of a fortified city as the basis for the creation of modern urban planning concepts. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2017, no. 11, pp. 95-99. (in Russian)
17. Subbotin O.S. Features of regeneration of blocks of historical buildings. Part II. *Zhilishchnoye stroitel'stvo* [Housing Construction], 2012, no. 11, pp. 26-29. (in Russian)
18. *Gradostroitel'nyye osnovy razvitiya i rekonstruktsii zhiloy zastroyki: nauchnoye izdaniye pod obshchey redaktsiyey Yu. V. Alekseyeva* [Urban planning principles for the development and reconstruction of residential buildings: a scientific publication edited by Yu. V. Alekseev]. M.: 2009. 640 p.
19. Mityagin S.D. *Gradostroitel'stvo. Epokha peremen* [Urban Planning. The era of change]. St. Petersburg: ZAO Zodchiy Publishing House, 2016. 280 p.
20. Ptichnikova G.A. Architecture and consumer: metamorphoses of the city under the influence of global tourism. *Sotsiologiya goroda* [Sociology of the City], 2010, no. 3, pp. 10-14. (in Russian)

Об авторе:

СУББОТИН Олег Степанович

доктор архитектуры, доцент, профессор кафедры архитектуры
Кубанский государственный аграрный университет имени Трубилина
350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13,
тел. (861) 221-59-15
E-mail: subbos@yandex.ru

SUBBOTIN Oleg S.

Doctor of Architecture, Professor of the Architecture Chair
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin
350044, Krasnodar, Kalinina Str., 13,
tel. (861) 221-59-15
E-mail: subbos@yandex.ru

Для цитирования: Субботин О.С. Среда жизнедеятельности в контексте исторической застройки поселений Кубани // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 111–120. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.15.
For citation: Subbotin O.S. Living environment in the context of historical development of Kuban settlements. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 111–120. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.15.

А. И. ХОМЯКОВ**ПАМЯТНЫЕ ПРОСТРАНСТВА: РАКУРСЫ ВРЕМЕНИ**

MEMORABLE SPACES: VIEWS OF TIME

Памятное пространство – мемориально-музейный комплекс (симбиоз памятников, музейных и художественно оформленных открытых пространств), являющийся тем типом общественного сооружения, развитие которого происходило последовательно и поступательно во времени. Этапы его формирования прямо связаны с социальным становлением и эстетическим развитием общества, обусловленным политическими и экономическими процессами, являющимися основными движущими силами мировой истории в целом и истории искусств в частности. В данной статье вопрос – как же проходило это становление и можно ли определить его фазы, а главное – в чём оно воплотится в наступившем веке, – рассматривается под углом зрения темпоральных и тематических характеристик этого феномена.

Ключевые слова: архитектура, памятные пространства, памятники, монументы, мемориалы, история, периоды, тематические смыслы

Мемориальная архитектура существовала всегда. Не будет преувеличением утверждение, что с неё вообще началась вся архитектура. В Древнем мире, в античные времена, времена Средневековья и Возрождения этот род объектов, наделённых исключительно высокими, сакральными смыслами, был предметом особых забот церкви и власти. Храмы и монастыри, часовни, памятники и монументы возводились либо церковью для почитания святых и прославления их деяний, либо в союзе с церковью, властью и царственными особами в прославление их имени и достижений – военных и партикулярных.

В начале XIX в., после череды войн и революций в Европе, после огромных человеческих потерь, церковь впервые не смогла обеспечить достойную глорификацию людей и событий, не хватило ни духовных, ни финансовых средств на возведение достойных памятных сооружений. Ответственность за их создание приняло на себя гражданское общество, организовав для этого специальные целевые фонды [1]. И с середины XIX в. начинается складываться самостоятельный вид памятного комплекса как архитектурного общественного пространства – мемориально-музейный комплекс (ММК).

Memorial space is a memorial and museum complex (a symbiosis of monuments, museum and artistically decorated open spaces), which is the type of public building, the development of which took place sequentially and progressively in time. The stages of its formation are directly related to the social formation and aesthetic development of society, due to political and economic processes, which are the main driving forces of world history in general and art history in particular. In this article, the question of how this formation took place and whether its phases can be determined, and most importantly, what it will be embodied in the new century, is examined from the angle of the temporal and thematic characteristics of this phenomenon.

Keywords: architecture, memorial spaces, monuments, monuments, memorials, history, periods, thematic meanings

Так, мемориальная архитектура в начале XIX в. обрела особое направление, которое постепенно сформировало качественно новую, ранее не существовавшую типологию общественных сооружений. Её главной отличительной чертой стала интеграция на одном участке памятников, монументов, мемориалов, культовых зданий, т. е. ряда архитектурно-художественных объектов, до этого создававшихся локально и рассчитанных на отдельное восприятие как индивидуальное, так и коллективное. Такие комплексы стали строиться на «памятных» территориях, связанных с важными историческими событиями, природными явлениями, судьбами политических и культурных, иногда мифологических героев, включая в себя существовавшие некрополи, сохранившиеся аутентичные постройки, их топографические и археологические следы. Данное обстоятельство обуславливало обязательное обращение создателей таких пространств к средствам садово-паркового искусства, формируя некие «топосы культурной памяти». Они обретали качества парковых ансамблей, предлагающих своим посетителям не только встречу с историческими свидетельствами, полученными впечатлениями, но и погружение в прогулочный

созерцательный отдых, неизбежные при этом духовные переживания [2].

Проблема. В отличие от других типов архитектуры, таких как Театр, Школа, Библиотека и т. п., мемориально-музейные комплексы не привлекали широкое внимание исследователей. К редким исключениям относится фундаментальный, но не законченный труд А. Габричевского с коллегами (Маркузон, Максимов и др.), переизданный в монографии «Память и время» [3], и труды о памятных комплексах, посвящённых Второй мировой войне, Азизян и Ивановой, а также Зайцева. Эта область зодчества, несмотря на своё особое значение в мире культуры и общественной жизни, в силу политической ангажированности и смысловой табуированности, оказалась вне теоретических и научных разработок не только в нашей стране, но и за рубежом. В свете нынешнего всеобщего увлечения вопросами коллективной памяти, историей, поисками национальной идентичности и государственной «самости» [4] представляется важным обратить внимание на этот мало изученный сегмент архитектуры. И первым аналитическим вопросом здесь может являться выявление его периодизации. Как и любое значительное историко-культурное явление, оно нуждается в определении последовательных, отличающихся друг от друга исторических фаз, очерченных некими объективными границами, но составляющих её целостность и слитность. Что можно принять за основу такой систематизации?

В первую очередь необходимо рассмотреть причинно-следственные условия рождения этого жанра архитектуры, а также вопросы, которые ставились при создании мемориально-музейных пространств, и средства, которыми они решались.

Теоретические обоснования. Имманентная специфика мемориально-музейной архитектуры заключается в выражении торжества послевоенного мира, прославлении победы в сражении, демонстрации скорби и сожаления в людских и материальных утратах [5]. Поэтому глобальные войны и мировые политические катаклизмы можно объективно считать основой деления феномена – мемориально-музейный комплекс – на временные, они же тематические периоды.

Ещё Геродот, Фукидид, Платон и Аристотель говорили в своих трудах по античной истории о таких немаловажных, если не главных, факторах развития общества, культуры, национального самосознания, как вооружённые конфликты и войны. Ф. Достоевский писал в своих дневниках в 1876 г.: «Если б не было на свете войны, искусство-бы заглохло оконча-

тельно. Все лучшие идеи искусства даны войной, борьбой». Действительно, войны взламывали не только мерное и поступательное бытие общества, принося немыслимые разрушения и людские потери, они меняли сложившиеся социокультурные и технические парадигмы, перестраивали их на новый формат, делили тем самым развитие культуры на фазы, на явления, происшедшие «до» и «после» той или иной войны. В процессе изучения проблем становления и развития мемориально-музейных комплексов данный аспект представляется определяющим – весь этот архитектурный жанр инициирован грандиозными драматическими столкновениями стран и народов.

Представляется, что цезурами периодов ММК являлись возникновение и мирные завершения трёх глобальных мировых войн: наполеоновских (1799 – 1815 гг.), Первой (Великой) мировой войны (1914 – 1918 гг.), Второй мировой войны (1939 – 1945 гг.). Окончание каждой из них давало импульс широкому строительству памятных пространств. Таким образом, из всего двухвекового опыта явно выделяются три основные содержательные части истории ММК. Признаки появления четвёртой фазы возникают в конце XX столетия, с установлением однополярного мира, отмеченного падением Берлинской стены в 1990 г. и «формированием единой мировой сетевой рыночной экономики – геоэкономики, разрушения национального суверенитета государств, являвшихся главными действующими лицами международных отношений на протяжении многих веков» [6]. Этот вопрос требует дальнейшего уточнения, так как мемориальные комплексы, посвящённые Второй мировой войне, продолжают проектироваться и строиться в мире до сегодняшнего времени (Лондонский музей Второй мировой войны и холокоста, одноимённые мемориальные музейные комплексы в Гданьске), что указывает на тематическое продолжение «третьего ракурса» ММК.

Как уже отмечалось, политические события начала XIX в., т. е. завершение в Европе череды наполеоновских войн, послужили прологом появления мемориально-музейных комплексов как гражданских центров культуры их памятования. Этот начальный период (становления) ознаменован появлением мемориала «Вальхалла» (Зал Славы германского народа), задуманного наследным баварским принцем Людвигом ещё в 1807 г. в память о проигранной германскими королевствами Баварией и Пруссией войне Наполеону и построенного лишь в 1842 г. в стиле афинского Парфенона на высоком берегу Дуная под г. Регенсбургом. На статус «первого мемориально-музейного комплекса мира» может

претендовать также «Холм Льва», созданный в 1826 г. на месте последней битвы коалиции европейских стран с Наполеоном в Ватерлоо, т. е. раньше «Вальхаллы», но документально задуманный королём Нидерландов Вильгельмом I лишь в 1820-м, т. е. позже баварского.

Эти два первых мемориально-музейных ансамбля послужили прологом широкого строительства гражданских памятников, монументов и памятных пространств по всему миру, прежде всего в европейском культурном ареале.

XIX век. Массовое строительство памятников, монументов и мемориалов стало обычным явлением для европейских больших и малых городов XIX в. «Статуэманья» – так назвал С. Михальский, польский и германский искусствовед и культуролог, этот взрыв популярности и внимания к гражданским памятникам и монументам в Париже, Берлине и Лондоне [7]. Показательны такие произведения, как: монумент Баррикад, 1814, в Клиши на пл. Клиши, 1870, А. Доблемар; монумент Крымской войне в Лондоне на Пэлл Мэлл, 1861, Дж. Белл; монумент Республики на одноимённой площади в Париже, 1983, Л. и Ч. Морис; Трафальгарсквер и памятник адмиралу Нельсону в Лондоне, 1843, У. Рэйлтон.

Но уже отдаляясь по времени от наполеоновских войн, после крымской, балканской и франко-прусской войн, рождалась новая тема для архитектурных мемориальных воплощений – прославление достижений культуры и техники: памятник А.С. Пушкину в Москве, 1880, А.М. Опекушина; монумент В. Гюго в Париже, 1902, Л.-Э. Барри; монумент воздушному шару Терне, в Париже, 1906, Ф.-О. Бартольди, и другие аналогичные произведения хорошо иллюстрируют эту тенденцию, символом которой можно по праву считать Статую Свободы в Нью-Йорке, подаренную Францией США к Всемирной выставке 1876 г. и столетию американской независимости. Но истинной темой этого памятника, вдохновившей Ф.-О. Бартольди на его создание, была по-прежнему военная – победа в Гражданской войне в США антирабовладельческих сил штатов Севера над Конфедерацией штатов Юга.

Основные характеристики ММК XIX века. Изучение упомянутых примеров даёт основания считать, что памятники и мемориальные объекты событиям и героям создавались в исторических эклектических формах, ракурсах и надлежащих тому времени и вкусу в искусстве комплектирования: чугунная ограда в виде тяжелой железной цепи или низкая ограда викторианского стиля с военной арматурой, фигурный или многофигурный памятник чугунного литья.

Показательно, что памятная тематика и мемориальные настроения, наполнявшие монументы и мемориалы XIX в., оградили их от влияния главного стилевого течения в архитектуре – буйного увлечения псевдоисторическими стилями эклектики, разнородности и произвольности, отсутствия цельности в формах и декоре. В архитектурном обрамлении скульптурной пластики применялись лестницы, подиумы и пьедесталы в основном нейтральных и сдержанных ретроспективных стилевых интерпретаций (неогрек, неоампир, неоклассицизм).

Почти весь XIX в. с точки зрения тематики создания архитектурных памятных пространств и знаков воспринимается цельно и внятно – это посвящения павшим героям и торжество победы в ратных сражениях с постепенным увлечением гуманитарной тематикой.

Первая половина XX века. Мир искусства начала XX столетия характеризуется своей активизацией, появлением новых художественных течений (фовизм, экспрессионизм, футуризм, кубизм и др.), эпатазирующих как критиков, так и простую публику. Всеобщий энтузиазм, с которым была встречена Первая (Великая) мировая война, быстро сменился депрессией и пессимизмом. В первые годы послевоенного времени интерес в художественном мире, пережившем тяготы и лишения четырёх лет войны, вновь повернулся в направлении традиционных жанров классического искусства. В интернациональной архитектуре, в связи с необходимостью восстановления беспрецедентно широких площадей гражданской и промышленной застройки, в послевоенное время господствовали функционализм и рационализм.

Уже с середины 20-х гг. начинается активное возведение мемориально-музейных комплексов. Страны, победившие и проигравшие, проявили равную заинтересованность в этом коммеморативном процессе. Появление стел, обелисков и монументов приобрело повсеместный характер в городах Европы, США и других мировых стран-участниц этой войны.

В крупных городах и столицах под мемориалы переоборудовали уже существующие мемориальные доминанты. Например, триумфальные арки, построенные в честь каких-либо юбилейных дат или государственных персон. Они переформатировались в созвучные духу патристической скорби «Монументы Неизвестного солдата» в различных вариациях, как, например, устроен «Вечный огонь Неизвестного Солдата» под сводами Триумфальной арки в Париже, под конной статуей итальянского короля Виктора Эмануила II в мемориале «Вит-

ториано» в Риме. Были построены самостоятельные «камерные» памятники: «Кенотаф» в Уайтхолле в Лондоне, «Памятник неизвестному герою» в Белграде, «Баварский военный мемориал (Спящий солдат)» в Мюнхене. Такие приёмы позволили оперативно и выразительно решить патриотические амбиции.

С другой стороны, 20–30-е гг. XX в. знаменательны появлением ряда значительных по масштабу и монументальной выразительности мемориально-музейных комплексов на открытых природных ландшафтах, там, где проходили наиболее драматические сражения Великой войны.

Характерный объект – Вимийский мемориал павшим канадским воинам (1936, У. Олвард, г. Вими, Франция). Выполненный в архитектурном стиле ар-деко, он наглядно иллюстрирует признаки ансамблей этого ряда, по существу является эталоном данного типологического направления.

Несмотря на обилие аллегорических скульптурных композиций и архитектурных приёмов, выполненных в «героическом масштабе», мемориал выглядит скупым, сдержанным в исторгаемых эмоциях, но чрезвычайно торжественным.

В таких же мотивах сооружен другой величественный французский мемориал – «Осуарий» Вердена, (1936), Л. Азема, г. Верден, Франция. Тот же стиль ар-деко, та же художественная сдержанность. И главное – обязательное наличие протяжённой горизонтальной стены-галереи и пронзительно высокой башни. Эти две линии, горизонтальная и вертикальная, являются своего рода осями координат, в которых рождается эмоциональное образное напряжение и, как следствие, сильное и глубокое потрясение.

Так сложился ряд аналогичных по пространственному построению комплексов. Один из них нашёл своё воплощение в США – мемориал «Либерти» (штат Миссури, Канзас-Сити), включающий в себя парк и музей Первой мировой войны.

В проигравшей войну Германии мемориалы выполнялись в совершенно иной манере – как скромные аскетичные напоминания, памятные стелы или камни-валуны на городских площадях и скверах. Позже, в 1930-е гг., национал-социалисты предложили свою версию памятных объектов и пространств, они создавались преимущественно в псевдоклассическом стиле (мемориалы «Замки павших», арх. В. Крайз), который господствовал в творчестве официальных архитекторов и скульпторов Третьего рейха.

Наиболее известный из них – Танненбергский мемориал (1924). Ныне не сохранившийся,

он являлся единственным в этом роде мемориально-музейным комплексом с выразительным образом, навеянным тевтонскими рыцарскими мотивами. Как и в других аналогичных случаях, этот комплекс был задуман на месте крупного, знаменательного для Германии сражения Первой мировой войны в Восточной Пруссии близ г. Хёэнштайн (ныне г. Ольштынек, Польша).

Проект этого монументального военного памятника был разработан берлинскими архитекторами В. и И. Крюгерами. По их замыслу мемориальный комплекс должен был напоминать нечто среднее между британским неолитическим Стоунхенджем и итальянским средневековым восьмигранным замком Кастель-дель-Монте.

Советская Россия отказалась от создания памятников Первой мировой войны по идеологическим соображениям. Осознание этого упущения пришло к ней с опозданием на 90 лет.

Как и в первом периоде, отдаляясь по времени от событий Великой войны, тематика ММК меняется с военной на гуманитарную. Конец предвоенных 30-х гг. отмечен созданием целого ряда произведений мирового значения на темы созидания и труда. Среди них – шедевр, советский павильон на Всемирной выставке в Париже (арх. Иофан, 1937), исполненный в мотивах арт-деко и зарождающегося «советского ампира».

Характеристики ММК первой половины XX века. Архитектурные приёмы этого периода – парафразы всего опыта строительства древних храмовых комплексов, различных колоннад, триумфальных арок. В планировочном отношении – активное применение осевых, симметричных и центральных решений. В художественном – сокращающееся присутствие скульптуры.

В отличие от мемориалов XIX в. заметно значительное сокращение применения декоративных детализировок: рельефов, барельефов, гирлянд, масонской символики и др. Язык выражения темы становится более скупым, но от этого более торжественным.

Главным выражением мемориальных комплексов являются вначале скупые версии, позже нарастающие звучания стиля арт-деко. Это проявляется в плавных и тягучих силуэтах многочисленных скульптурных композиций, пристрастии к метафорическому выражению человеческих переживаний, бруталных архитектурных формах.

Среди популярных средств, которыми формируется архитектурно-пространственное решение мемориальных комплексов, становится такой прием, как гигантская глухая массивная стена, без проёмов и членений.

Вторая половина XX века. После Второй мировой войны, принесшей многократно большие губительные последствия, чем Первая, в мировой архитектуре развиваются тенденции космополитизма. Они выражаются в двух течениях – неоклассике и модернизме [8]. В жанре первой, консервативной, академической и поэтому предрасположенной к историческим патетическим и емким по содержанию повествованиям, создаются мемориальные комплексы на местах наиболее значимых битв только что завершившейся войны.

В последующие мирные десятилетия эволюция мемориально-музейных комплексов в целом застыла на этой патетической фазе. По инерции строились мемориалы прошедшей войне в Европе и США. Они не отличались каким-либо новаторством. Это, как правило, стелы или обелиски, окруженные колоннадами или пропилеями, с аллеями, фланкированными массивными пилонами или тумбами, которые выполнялись в облегченных исторических мотивах архитектуры неоклассицизма. В умеренных объемах присутствовала скульптура. Первыми из таких произведений заслуживают упоминания мемориалы «Жертвам Хиросимы» (1949), «Ардеатинские пещеры» в Риме (1951), «Национальный монумент жертвам Второй мировой войны в г. Дамм (Нидерланды, 1953), «Памятник морякам в Портсмуте» (1955, Англия). Все они созвучны друг другу: скупые архитектурные формы, являющиеся фоном для сдержанных в эмоциях элегических скульптурных композиций. Эти представители иллюстрируют наиболее показательное направление послевоенных западноевропейских мемориальных памятных комплексов. От советских и восточно-европейских, выражающих триумф и торжество победы, их отличает обращение к пережитой трагедии, чувства невосполнимости утрат и, отчасти, вины, ответственности за случившееся.

Новаторскими и прогрессивными произведениями монументального послевоенного искусства воспринимаются такие комплексы, как: «Памятник-мавзолей итальянским партизанам» в Болонье (1959), «Памятник жертвам фашизма» в Загребе (1961), «Мемориальный комплекс в концлагере Майданек» (1963) и др.

Кульминацией этого перечисления являются произведения сербского архитектора Б. Богдановича. Его работы выглядят загадочно и мистически. Они с трудом поддаются аналитике и описанию, резко отличаются от других памятников периода социализма тем, что они обращаются к архетипическим образам и призваны побудить зрителя к размышлениям и переживаниям. Их надо просто видеть и постигать на подсознательном уровне [9].

С середины 60-х по 70-е гг. в архитектуре доминирует модернизм – движение, связанное с решительным обновлением форм и конструкций, отказом от стилей прошлого. Наступает эпоха чистых форм в строительстве и искусстве, отказ от эклектики и многословности в средствах художественного выражения.

В СССР продолжают строиться мемориалы завершившейся четверть века назад войне, мемориально-музейные комплексы Ленину и др. В Европе и США мемориалы возводятся реже и преимущественно по социокультурной тематике, т. е. посвящаются известным художникам, композиторам, писателям, политикам.

Все модернистские комплексы отличает стремление к простому и лаконичному выражению исторического события простым пространственным жестом. Характерные примеры – «Мемориал созданию воздушного моста во время берлинской воздушной блокады 1951» в Берлин-Темпельхов, 1963, Э. Людвиг; памятник бразильцам, погибшим во Второй мировой войне, в Рио-де-Жанейро, 1960, Х.Р. Маринхо; армянский мемориал жертвам турецкого геноцида «Егерн» близ Еревана, 1965, А. Тарханян, С. Хачикян, Г. Погосян.

Восьмидесятые годы – это расцвет постмодернистских настроений. В мире назрела необходимость вернуть в искусство и архитектуру утраченную образность, которая создавала из различных культурологических структур произведения искусства. Постмодернисты пытались внести в архитектурные произведения фантазию, различные ассоциации и умозрительные параллели [10]. Если на идейном уровне архитектура мемориалов получила от постмодернизма мощный философский импульс, то на практическом уровне язык иронии и цинизма оказался не совместим с ней. Этот особый жанр архитектуры имеет специфическую особенность – она склонна к архитектурной метафоре, но не приемлет сарказм. Поэтому можно утверждать, что на типологические признаки мемориалов постмодернизм не повлиял. Зато на концептуальное и пространственное содержание повлиял радикально.

Одним из первых и наиболее ярких знаковых примеров рождения нового поколения мемориалов является «Национальный мемориал ветеранам Вьетнама» в Вашингтоне (1982, М. Лин). Это утопленная в землю стела с именами всех американских военнослужащих, погибших или пропавших без вести в Юго-Восточной Азии между 1957 и 1975 гг., выполненная из черного полированного гранита, напоминающая очертания летящей птицы.

Перечень «необычных» ММК, созданных на рубеже веков, включает в себя такие объ-

екты, как: «Кретто» г. Джигеллина, Италия, 1984, А. Бурри; «Монумент-фонтан Эшротт», пл. Ратуша, Кассель, 1988, Х.Хоайзель; «Пустая библиотека на Бабель платц», Берлин, 1995, М. Ульман; «Мемориал против расизма в замке Саарбрюкен», Саар, Германия, 1993, Группа ХБК; «Мемориал депортаций (зеркальная стена)», Герман-Элерс-платц, Берлин-Штейглиц, 1995, В. Гёхель и многие другие. Как видно из этого ограниченного перечисления, тематика их варьируется от военной до гуманитарной. Объединяет их также нетривиальный подход к форме и средствам мемориального высказывания.

«Кретто» представляет собой объёмно-планировочный «макет» в натуральном масштабе из бетона, стертого природным катаклизмом горного поселения. «Мемориал депортаций» – установленная посредине пешеходной площади стена из зеркал с нанесёнными на них именами депортированных жителей района в годы нацизма. «Пустая библиотека» представляет собой арт-объект, демонстрирующий подземное кубическое пространство с пустыми книжными полками.

Характеристики ММК второй половины XX века. Таким образом, можно утверждать, что базисный импульс создания мемориально-музейных комплексов третьего периода остаётся прежним – это в первую очередь сожаления о событиях Второй мировой войны, связанных с ней трагедиях, и во вторую – темы культуры и общества. В отличие от первого и второго периодов, язык образной архитектурно-художественной трансляции трагедий и достижений человеческого бытия в последнем периоде разделился и зримо воплотился в традиционалистский и модернистский подходы.

Вывод. Мемориально-музейные комплексы первых десятилетий XXI в. оперируют новаторскими приёмами, амбивалентными и синтетическими художественными конструкциями, сочетающими в себе литературу, концептуализм, лэнд-арт и многие другие формы искусства. Это новое направление, ставшее родственным культурному явлению «общественного искусства (public art)», насчитывает всего лишь десятилетия, что несомненно недостаточно для формулирования достоверных выводов и полноценных заключений, но представляет собой обширное увлекательное поле для архитектурных и искусствоведческих наблюдений и исследований. Гипотеза о четвёртом периоде эволюции музейно-мемориальных комплексов, предположительно начинающемся с момента «падения Берлинской стены», нуждается в дальнейшем наблюдении и изучении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кириченко Е.И. Запечатленная история России. Монументы XVIII – начала XX века. Кн. 2: Архитектурные ансамбли и скульптурный памятник. М.: Жираф, 2001. 736 с.
2. Артамошкина Л.Е. Топос, ландшафт, биография: концепция культурной памяти / КиберЛенинка: <https://cyberleninka.ru/article/n/topos-landshaft-biografiya-kontseptsiya-kulturnoy-pamyati>
3. Малинина Т.Г., Огаркова Е.В. Память и время. М.: ГАЛАРТ, 2011. 455 с.
4. Dwyer O. J. (2004). Symbolic accretion and commemoration. *Social and Cultural Geography* 5, 419–435.
5. Johnson N. (1995). Cast in stone: Monuments, geography, and nationalism. *Environment and Planning D: Society and Space* 13, 51–65.
6. Новикова И.В. Глобализация, государство и рынок: ретроспектива и перспектива взаимодействия. <https://cyberleninka.ru/article/n/globalizatsiya-v-sovremennoy-teorii-i-paradigme-ekonomiki>.
7. Michalski S. Public Monuments. *Art in Political Bondage 1870–1997*. London Reaktion Books, 1998. P.13.
8. Иконников А.В. Историзм в архитектуре. М.: Стройиздат, 1997. 557 с.
9. Белоусов В.Н. Современная архитектура Югославии. М.: Стройиздат, 1986. С. 180.
10. Дженкс Ч. Язык архитектуры постмодернизма. Ч. 2 / пер. с англ. А.В. Рябушина. М.: Стройиздат, 1985. 136 с.

REFERENCES

1. Kirichenko E.I. Zapechatlennaya istoriya Rossii. Monumenty XVIII – nachala XX veka. Kn. 2: *Arhitekturnye ansambli i skul'pturnyj pamyatnik* [The captured history of Russia. Monuments of the XVIII - early XX century. Book 2: Architectural ensembles and sculptural monument]. Moscow, Giraffe publ., 2001. 736 p.
2. Artamoshkina L.E. *Topos, landshaft, biografiya: koncepciya kul'turnoj pamyati* [Topos, landscape, biography: the concept of cultural memory]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/topos-landshaft-biografiya-kontseptsiya-kulturnoy-pamyati> (accessed 10 February 2020)
3. Malinina T.G., Ogarkova E.V. *Pamyat' i vremya* [Memory and time]. Moscow, GALART publ., 2011. 445 p.
4. Dwyer, O. J. Symbolic accretion and commemoration. *Social and Cultural Geography*, 2004, 5, pp. 419–435.
5. Johnson, N. Cast in stone: Monuments, geography, and nationalism. *Environment and Planning. D: Society and Space*, 1995, no.13, pp. 51–65.
6. Novikova I.V. *Globalizaciya, gosudarstvo i rynek: retrospektiva i perspektiva vzaimodejstviya* [Globalization, the state and the market: a retrospective and the prospect of interaction]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalizatsiya-v-sovremennoy-teorii-i-paradigme-ekonomiki> (accessed 2 February 2020)

7. Michalski S. Public Monuments. Art in Political Bondage 1870–1997. London Reaktion Books, 1998. P.13.

8. Ikonnikov A.V. *Istorizm v arhitekture* [Historicism in Architecture]. Moscow, Stroyizdat publ, 1997. 557 p.

9. Belousov V.N. *Sovremennaya arhitektura YUgoslavii* [Modern architecture of Yugoslavia]. Moscow, Stroyizdat publ, 1986. p.180.

10. Jenks C. The language of architecture of Post-Modernism. Rizzoli publ, 1985. 136 p. (Russ. Ed.: *Yazyk arhitektury postmodernizma. Chast' 2*, Stroyizdat publ, 1985. 136 p.)

Об авторе:

ХОМЯКОВ Александр Иванович

кандидат архитектуры,
член-корреспондент РААСН,
профессор кафедры архитектуры общественных зданий
Московский архитектурный институт
107031, Россия, г. Москва, ул. Рождественка, дом 11/4,
корп. 1, стр.4

KNOMYAKOV Alexandr I.

PhD in Architecture, Member of RAASN,
Professor of the Architecture of Public Buildings Chair
Moscow Architectural Institute
107031, Russia, Moscow, Rozhdestvenka Street, 11/4,
Building 1, Building 4
E-mail: a.khomyakov@mail.ru

Для цитирования: Хомяков А.И. Памятные пространства: ракурсы времени // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 121–127. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.16.

For citation: Khomyakov A.I. Memorable spaces: views of time. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 121–127. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.16.

Уважаемые читатели!

Центр инженерно-технических разработок СамГТУ (ЦИТР СамГТУ)
приглашает к сотрудничеству.

Основные направления деятельности Центра:

- выполнение полного цикла создания проектно-сметной документации для строительства объектов гражданского и промышленного назначения
- выполнение работ по обследованию технического состояния объектов строительства
- осуществление авторского, технического надзора, строительного контроля
- выполнение работ по строительству и реконструкции объектов, научно-методическое руководство проектными и строительными работами
- разработка и апробация новых технологий и методов в архитектуре и проектировании и строительстве зданий и сооружений
- координация разработки и продвижения новых образовательных программ в области архитектуры, проектирования и строительства
- предоставление консалтинговых услуг в сфере проектной и инженерно-технической деятельности

Руководитель Романчиков Вячеслав Викторович

Контакты:

443110, Россия, г. Самара, ул. Ново-Садовая, 18, оф. 3, АСА СамГТУ

тел. +7(937)070-19-02

E-mail: romanchnikoff@mail.ru

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



УДК 05.23.21

DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.17

Н. Н. ВОЛОГДИНА
О. Ю. АЛЕКСАНДРОВА

СТРУКТУРА ХРАМОВЫХ КОМПЛЕКСОВ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОГО РЕЛЬЕФА И ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

STRUCTURE OF TEMPLE COMPLEXES UNDER CONDITIONS
OF COMPLEX RELIEF AND DESIGN PRINCIPLES

Основное направление исследования включает в себя анализ структуры храмовых комплексов в условиях сложного рельефа. Рассматривается влияние морфологии ландшафта на специфику структуры и архитектуры культовых сооружений. Одной из важных составляющих является историческая канва строительства храмовых комплексов как событий уникальных, а также время как один из основных «строительных материалов». На основе анализа разработаны принципы проектирования: уникальности, региональной принадлежности, преемственности, контекстуальности, пространственного нарратива, структурности, геоморфологической определенности, *genios loci* (греч. гений места), целостности, сакральности, вложенных структур, *koinos bios* (греч. общая жизнь)

Ключевые слова: ландшафт, морфология, храмовый комплекс, монастырь, структура, принципы проектирования, религия, феноменология, сакральность, традиции, сложный рельеф

Эволюция сознания человека выработала своеобразный результат адаптации к условиям существования в виде религии. Независимо от логики и развития материального мира человечество было и остается восприимчивым к религиозным идеям, мифам, подходам. На первоначальной ступени развития мы наблюдаем трансляцию всего «непонятого» в мир земного. Религия дала глобальный стимул к развитию общественных отношений: объединению людей, своеобразной социализации в процессе обрядов, религиозных действий и соблюдения уставов и правил. Феноменология понятия

The main direction of the research includes the analysis of the structure of temple complexes in difficult terrain. The influence of landscape morphology on the specifics of the structure and architecture of religious buildings is considered. One of the important components is the historical outline of the construction of temple complexes as unique events, as well as time as one of the main “building materials”. Based on the analysis, the design principles were developed: uniqueness, regional affiliation, continuity, contextuality, spatial narrative, structurality, geomorphological certainty, *genios loci* (Greek. genius of place), integrity, sacredness, nested structures, *koinos bios* (Greek. common life).

Keywords: landscape, morphology, temple complex, monastery, structure, design principles, religion, phenomenology, sacredness, traditions, difficult relief

религии связана с множеством факторов: постижение явлений с помощью чувств, объяснимость их на ментальном уровне [1]. Все это связало религию с осознанием человеком себя в мире, «...Ибо человек, чье сердце, полно молчания, совсем не таков, как тот, чье сердце исполнено тишины...» [2].

Сакральность, богобоязненность, безопасность формируют особый класс храмовых и монастырских комплексов, которые часто расположены в сложных ландшафтных условиях. Горы, скалы, пещеры, останцы, возможно, имеют особое феноменологическое

значение в человеческом сознании. История свидетельствует: «Эромеи бежали в пустыни, дабы не быть прибитыми к кресту или к крыльям ветряной мельницы, брошенными на растерзание диким зверям: они скрывались, чтобы не разбивать головы о крепкие двери темниц, не отдавать свои пальцы, уши и глаза на съедение хищным рыбам в водоемах» [2].

Первое, что мы можем понять о месте верований, – удаление от мирского. Чем неотвратимее уединение, тем чище мысли и яснее вера. Погодные и физические факторы также способствовали созданию храмов в условиях сложного ландшафта. Один из первых подобных пещерных храмов – Барабар в Индии, повествует о уже мертвой религии «Аджвики». Множество китайских храмов подняты на вершины гор от вражеских набегов, например «Висящие храмы Хенг», «Висячий храм Бэйюэмяо, Хэньшань».

Материальная оболочка религиозного места требует особого внимания и должна отвечать определенным устоям и духовными качествами для верующего. Сакральное место несет в себе не только чувственно-духовную связь, но и связь с исторически важными событиями. Исцеляющий луч, ступок энергии, солнце – как отождествление жизни, проникая в сакральное место, преобразует все вокруг. Это то общее, что можно выделить у всех храмов, независимо от ситуации и конфессиональной принадлежности.

Главной темой исследования являются принципиальные особенности структур храмовых и монастырских комплексов в сложных геологических условиях. Традиционные принципы формообразования архитектуры монастырей сохраняются во времени и отражают

метафизическое, философское мировоззрение, транслируя идеи и воплощая в материальных образах. Мы наблюдаем на протяжении веков максимальное использование ландшафта для создания атмосферы святости и отрешенности от бренного мира. Наиболее решительное преобразование канонических приемов и становление новых региональных принципов организации внутреннего пространства архитектуры монастырских ансамблей произошло при строительстве крупнейших обителей мира. В сложных условиях ландшафтной среды сформированные каноны подвергались изменениям и трансформациям. В отдельных случаях формирование элементарного функционально-типологического решения комплексов началось со строительства необходимых сооружений у подножия цепи горных хребтов, крутых склонах долин, каньонов. В условиях сложной природной ситуации разнообразные приемы размещения важнейших блоков духовного центра, которые не соответствовали канонам, смогли придать постройкам уникальность и редкое своеобразие. История дает большое разнообразие структур и конфигураций храмовых комплексов в условиях сложных ландшафтов. В формате исследования выявлена типология храмовых комплексов (рис. 1).

Подземные храмы

Храм святого Георгия. Одна из самых старых христианских святынь, обнаруженная в Рихабе (Иордания), датируется I в. н.э. В пещеру ведут крутые ступени, в главном помещении пещеры сохранилось подобие круглого алтаря и каменные сиденья вокруг него. Литературные источ-

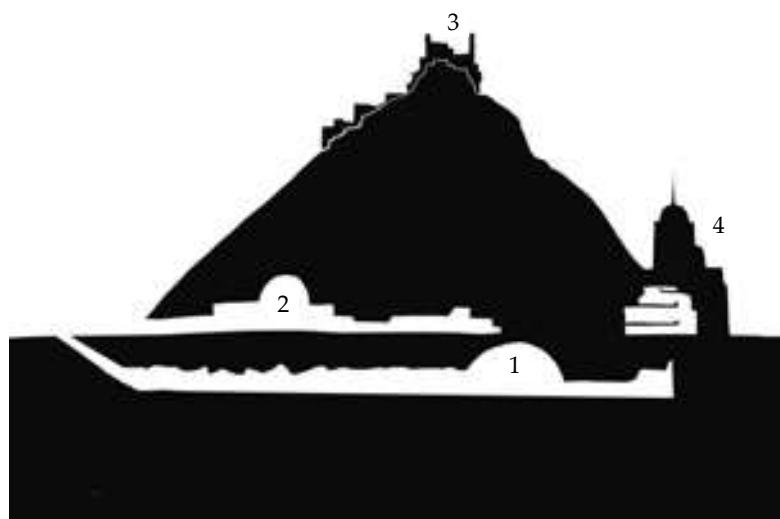


Рис. 1. Типы храмов на сложном рельефе (рис. О.Ю. Александровой): 1 – подземный; 2 – включение в структуру рельефа; 3 – расположенный на вершине возвышенности; 4 – частично встроенный в рельеф

ники свидетельствуют о религиозных ритуалах, проходивших в пещере [3]. Позднее над пещерой была построена церковь святого Георгия (рис. 2, 3).

Гранитная церковь в Барселоне. Часовня Эбнезер символизирует метафизические основы восприятия мира и божественное откровение в современном обществе. Природный рельеф места используется как средство усиления влияния образа сакральности. По мере того как паломники спускаются в подземное пространство, естественное освещение все более убывает, как бы ускользает. Присутствие камней создает ощущение первозданности, в то время как рукотворность материи исчезает по мере движения пространства. Над алтарем внутри часовни находится световой люк, расположенный во внешней колокольне, что позволяет обеспечить естественное освещение и вентиляцию [4] (рис. 4–6).

Храмы, встроенные в структуру горы

Тип храмов подобного рода, соприкасающихся с горным рельефом, составляет наиболее распространенную группу. Пространство таких храмов свободно перетекает в горных структурах в разных направлениях и вариациях [5]. Философия и предпосылки к созданию таких храмов разнятся в зависимости от культуры и обычаев. Рассмотрим несколько вариантов взаимодействия храма и горного рельефа: внутри открытой пещеры, у подножия, прорастание внутрь горной породы.

Монастырь святого Симеона в Египте. На протяжении веков христианский храм пережил некоторые метаморфозы и изменения, связанные как с этапами существования религии, так и с изменением канонов. Во время гонений и угнетения христиан для обрядов служили катакомбы и пещеры. Такие реликвии, как «пещерные церкви» были найдены во многих странах мира: в Сирии, Греции, Египте, на Кипре. Естественные рельефы использовались для создания различных проходов, лабиринтов, убежищ, монашеских келий.

Освещение пространства – одна из важных проблем обустройства не только подземных храмов, но и храмов внутри скальной структуры. Пример храма святого Симеона дает представление о том, как в зависимости от функционального содержания помещений избираются световые потоки. Для коммуникации – боковая подсветка с помощью проемов, для масштабных помещений – свет из крупных природных разломов (рис. 7, 8).

Пространственная структура данной пещеры проста: имеется одна большая расщелина в горной породе, которая и является связующим элементом всего комплекса (рис. 9, 10).

Храм Эль-Хазне. Этот храм и мавзолей были построены в городе Петра (Иордания) вероятно во II в. н. э., где глобальные изменения произошли в эпоху существования первых христиан. Именно здесь показан локальный механизм создания архитектуры, зависящий от планировочной структуры города, климатического режима местности, которые сформировали уникальный объект, включающий в себя аутентичные особенности среды (рис. 11, 12).

Монастырь в Сан-Жени (Франция). Церковь вырублена в массиве известняка в период формирования средневековых традиций в Европе. Главная цель создания – размещение и сохранение христианских реликвий. Само место расположения этого храма транслирует сквозь века особую энергетику, божественное откровение, связанное с глубокой историей и традицией (рис. 13–16).

Храм, расположенный на вершине, возвышенности

Монастыри Метеоры в Греции (греч. «парящие»). Монастырский комплекс создавался на протяжении веков на сложноступенчатых скалах. Отшельники, живущие у подножия скалы, создавали «молельные места» для общих таинств и откровений. Для совершения главных обрядов отшельникам приходилось добираться до старой церкви Архангела и церкви Богородицы в городе Стаге. Усиление опасности и вероятность набегов соседних народов заставили отшельников уходить выше в горы. Таким образом, сформировалась определенная типология «наскального» храма (рис. 17). Изучая пространственную структуру комплекса, можно прийти к выводу о том, что довольно часто движущей силой строительства являются отнюдь не религиозные основания [6]. Естественная, созданная природой безопасность от нашествия иноверцев позволила крупнейшей монашеской общине создать столь необычные архитектурные формы (рис. 18, 19).

Монастырь Джвари в Мцхете. Церковь монастыря Джвари находится на вершине скального массива и органично завершает идею ландшафта у слияния двух рек Арагвы и Куры, являясь рукотворной доминантой среди первозданной природы (рис. 20).

Храм, частично встроенный в рельеф

Храм гроба Господня. Комплекс в Иерусалиме представляет собой сложный конгломерат элементов ландшафта (склон холма, Голгофа), древние пещеры, гроты, искусственные озера), инженерных коммуникаций и архитектуры. Наслаивание культур (языческой, мусульманской, христианской), языков, «текстов», форм послужило созданию сложного многозначного



Рис. 2. Вход в пещеру

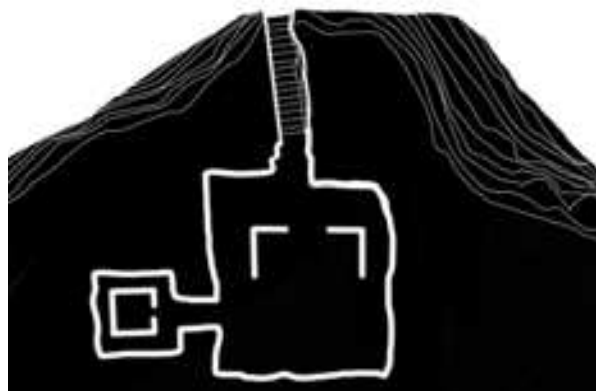


Рис. 3. План храма



Рис. 4. Пространство часовни Эбенезер



Рис. 5. План храма

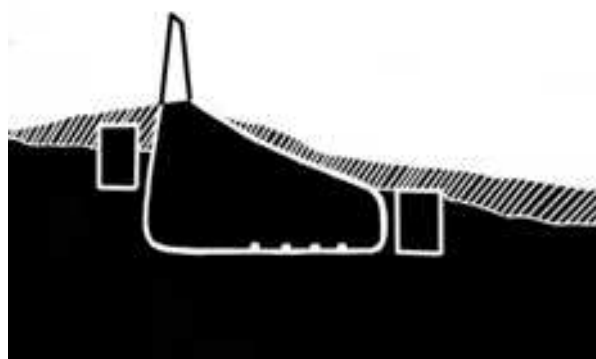


Рис. 6. Сечение храмового комплекса



Рис. 7. Схема светового пути в тоннеле (рис. О.Ю. Александровой)



Рис. 8. Схема светового пути в большом зале монастыря (рис. О.Ю. Александровой)



Рис. 9. Планировочная схема общественного пространства храма святого Симеона



Рис. 10. Организация основного зала храма святого Симеона

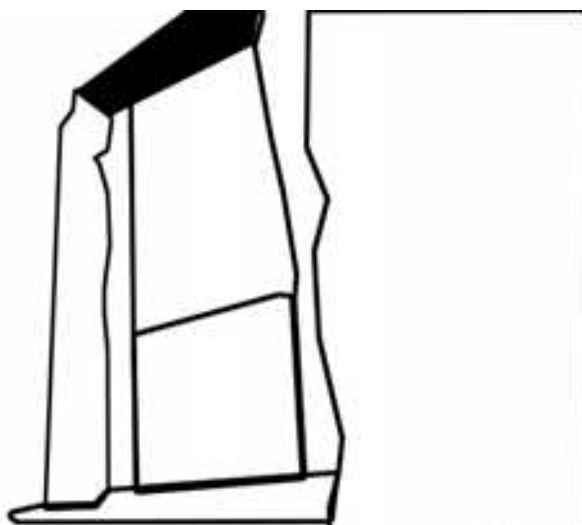


Рис. 11. Фасад храма в структуре горного массива (рис. О.Ю. Александровой)

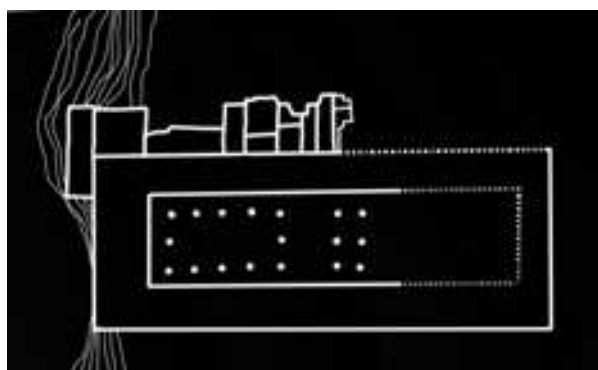


Рис. 12. Планировочная структура Эль-Хазне



Рис. 13. Вырубленный в монолите скалы главный зал монастыря



Рис. 14. Арочная структура в интерьере монастыря (рис. О.Ю. Александровой)

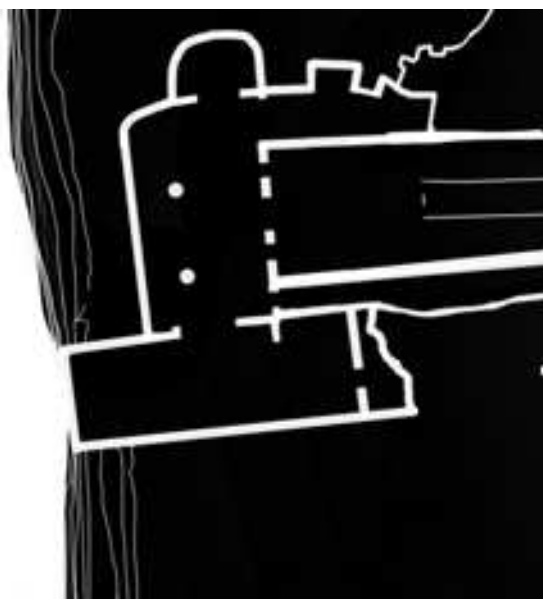


Рис. 15. План монастыря в Сан-Жени

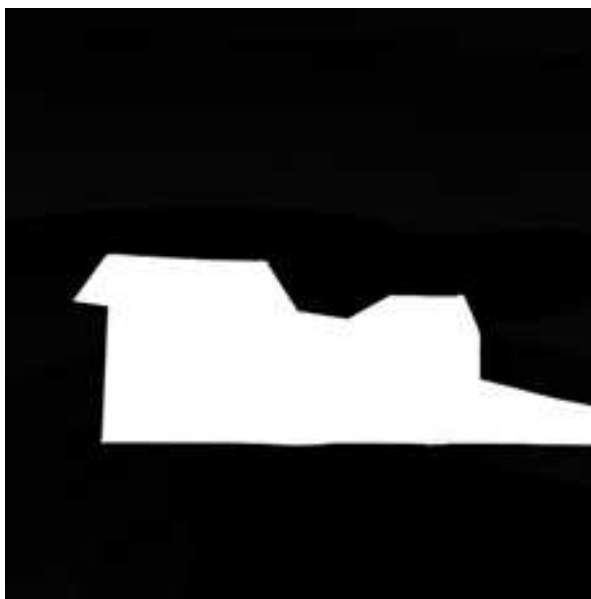


Рис. 16. Схема решения внутреннего пространства



Рис. 17. Вид на один из монастырей

пространственно развитого и богатого смыслами комплекса. Интеграция в существующий контекст, использование топографии ландшафта как трехмерной матрицы были одной из основных проблем создания комплекса [7]. Склон холма представляет собой основной композиционный элемент (рис. 21,22).

Монастырь Гегард, датируемый X – XIII вв. (Армения) [11]. Генеральный план комплекса говорит о сложной пространственно-планиро-

вочной и функциональной структуре. Территория монастыря ограничена стенами-валами. С северной и восточной стороны в стены встроены служебные помещения, кельи монахов, часовни, а также хичкары (вертикальные плиты, иногда в форме креста, покрытые орнаментальной резьбой) [10]. Хичкары воздвигались как надгробие или в ознаменование значительных событий. Главные сооружения – храмы, часовни, трапезные встроены или высечены в скаль-

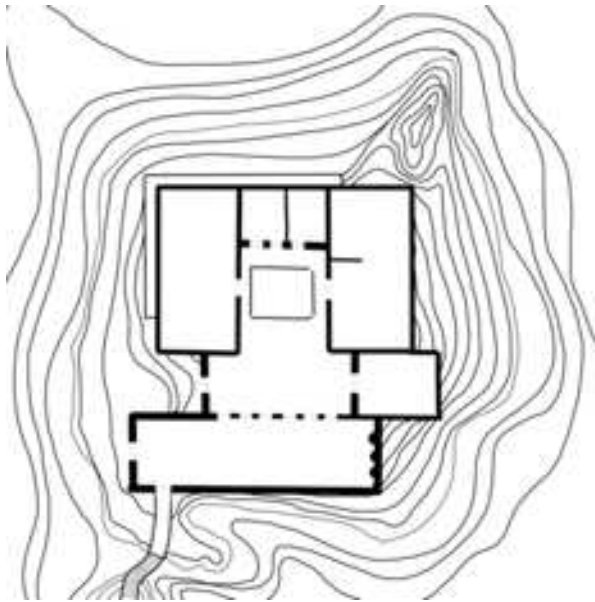


Рис. 18. План комплекса



Рис. 19. Схема расположения храма на рельефе



Рис. 20. Схема взаимодействия горной структуры и объема храма Джвари

ной породе [12]. Многочисленные монашеские кельи расположены в склонах холма, не только на территории монастыря, но и за пределами стен (рис. 23–25).

Храм Рождества Христова в Вифлиеме [13]. Базилика Рождества Христова была воздвигнута над местом рождения спасителя императором Константином и царицей Еленой в 324 г. Во время строительства храма по повелению царствующих особ была вырублена Адонисова роща – место поклонения язычников, как оскверняющая святой Вертеп. В 529 г. храм был почти полностью разрушен во время восстания самаритян. Позднее он был восстановлен на том же фундаменте императором Юстинианом (рис. 26). Структура храма усложнялась, подземная часть включала в себя несколько пещер,

соединенных лестницами и переходами: блаженного Иеронима Стридонского, праведного Иосифа, крипты Вифлиемских младенцев-мучеников. На верхних этажах базилики располагается Армянский монастырь, дворик которого представляет собой небольшой сад в окружении каменных стен. Кровля базилики в настоящее время представляет собой смотровую площадку, откуда открывается вид на библейские пейзажи. Сложный комплекс показывает желание и необходимость использования каждой пяди святой земли. Божественная благодать ощущается во всех пространствах (рис. 27).

Одним из основных аспектов исследования является морфологическая парадигма историко-генетической реконструкции уникальных ландшафтов и признание этого факта как им-

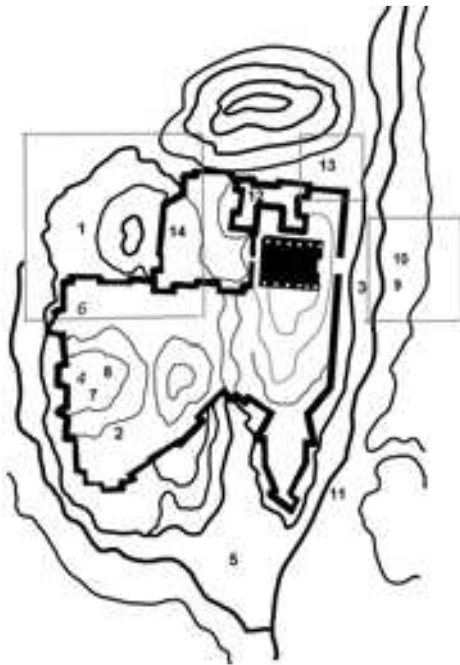


Рис. 21. Схема расположения храмового комплекса в древнем Иерусалиме:
1 – Голгофа; 2 – дом Тайной вечери; 3 – поток Кедрон; 4 – гора Сион; 5 – долина Генном; 6 – крепость Давида; 7 – дом Каиафы; 8 – дом Анны; 9 – Елеонская гора; 10 – Гефсиманский сад; 11 – поток Кедрона; 12 – Претория; 13 – Овечья купель; 14 – Судные ворота [8]



Рис. 24. Схема расположения на склоне



Рис. 22. Схема внутреннего пространства храма Гроба Господня [9]



Рис. 23. Сечение Монастыря

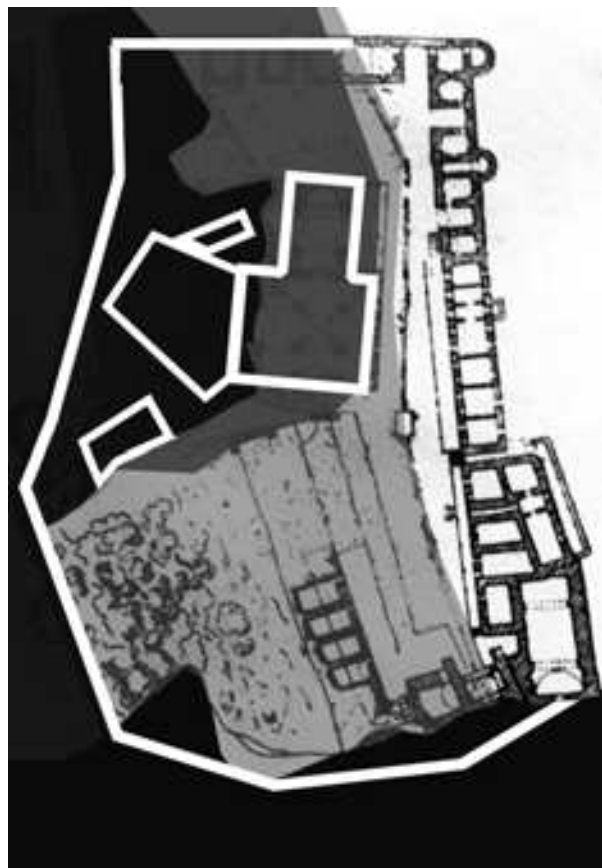


Рис. 25. Генплан монастыря Гегард



Рис. 26. Исторические следы на примере входной группы храма Рождества Христова в Вифлееме (рис. О.Ю. Александровой)

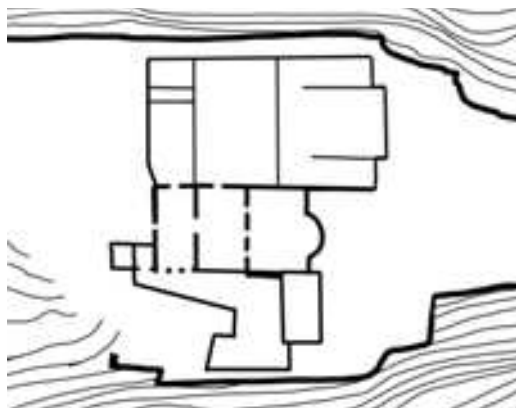


Рис. 27. Расположение на рельефе храма Рождества Христова

ператива в проектировании. С этой целью на основе анализа разработаны следующие принципы проектирования:

Пространственно-временной нарратив – разложение на когерентные составляющие элементов материальных структур во времени и пространстве.

Геоморфологическая определенность – взаимосвязь ландшафта и объекта, осуществляемая через метафизические знаки, материальные следы, предполагающая как радикальные вмешательства, так и контекстуальный подход.

Структурность – последовательность фактов проектирования, разложение на элементы и блоки, их подчинение и иерархия.

Вложенных структур – объект, формируемый с помощью заполнения пространственной решетки элементами идентичной конструкции и организации.

Уникальность – свойство ландшафта и «вмещаемых» им элементов природного и антропогенного происхождения, понимаемое как исключительность и неповторимость.

Целостность – качество ландшафта, органично вытекающее из составляющих его природных и антропогенных элементов, но не присущее ни одному из них отдельно взятому. Может быть определено как качество, при котором возникает взаимодействие природы и человека.

Genios loci (гений места) – коллективная память, сохраняющаяся во времени и пространстве, где «новые объекты, проектируемые с передачей узнаваемых черт исторической среды, обладающие особыми идентификациями, считываемые ассоциативно по символам, знакам, семантическим конструкциям» [14].

Koinos bios (греч. общая жизнь) – создание условий взаимодействия людей, углубление и закрепление идей общности с помощью форм.

Преимственность – сохранение и передача информации, текста, идеи, культуры.

Сакральность – исключительная значимость и святость объекта, ландшафта, места, символа, знака.

Выводы. Основное направление исследования – классификация структуры храмовых и монастырских комплексов, определение влияния морфологии ландшафта на специфику архитектуры храмовых комплексов, выделение роли исторического контекста культовой архитектуры для создания операционной базы проектирования.

Предлагается типология храмовых и монастырских комплексов в зависимости от положения на рельефе: подземный, включенный в структуру рельефа, расположенный на вер-

шине возвышенности, частично встроенный в рельеф.

Разработаны принципы проектирования современных монастырских и храмовых комплексов: пространственный нарратив, геоморфологическая определенность, структурность, вложенные структуры, уникальность, целостность, *genios loci* (гений места), *koinos bios* (общая жизнь), преемственность, сакральность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буяйе П. Объясняя религию: Природа религиозного мышления / пер. с фр. М.: Альпина нон-фикшн, 2017. 496 с.
2. Павич М. Пейзаж, нарисованный чаем: роман / пер. с серб. Н. Вагаповой, Р. Грецкой. СПб.: Азбука Аттиус, 2016. 284 с.
3. Эбензер часовня – URL : <https://www.archdaily.com/774184/vilalta-arquitectura-reveals-plans-for-underground-granite-excavated-chapel-in-raleigh/560216dde58ece38c10000b2-vilalta-arquitectura-reveals-plans-for-underground-granite-excavated-chapel-in-raleigh-photo> (дата обращения: 15.03.2019).
4. Крогиус В. Р., Эббот Д., Поллит К. Градостроительство на склонах / под ред. В. Р. Крогиуса. М.: Стройиздат, 1988. 327 с.
5. Вологодина Н.Н., Макарова Т.А. Древние сооружения лабиринтов как аналог «архитектуры пространства» // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн: сборник статей. Самара: СамГТУ, 2017. С. 160–163.
6. Монастыри Метеоры URL : <https://www.grekomania.ru/places/meteora> (дата обращения: 17.03.2019).
7. Вологодина Н.Н., Яруков В.Н. Ханс Холяйн городу и миру. Архитектура свободы // Innovative Project. 2017. Т. 2. Вып. № 3 (7). С. 38–44.
8. Гусельников С. Цветок Сиона. Самара: Апо-стол веры, 2016. 576 с.
9. Иерусалимский храм Воскресения Христова, Храм Гроба Господня URL : <https://drevo-info.ru/articles/251.html> (дата обращения: 17.03.2019).
10. Адамчик М.В. Архитектура: краткий справочник. М.: Харвест публ., 2005. 625 с.
11. Крогиус В.Р., Максаковский Н.В. Монастырь Гегард и верховья реки Азат. М.: Институт наследия, 2002. 98 с.
12. Леггет Р. Города и геология / пер. В.З.Махалина. М.: Мир, 1976. 175 с.
13. Вифлеем – город Рождества URL : <https://www.pravmir.ru/vifleem-gorod-rozhdestva/> (дата обращения: 17.03.2019).
14. Вологодина Н.Н., Яруков В.Н. Принципы контекстуального подхода и концепции проектирования жилой застройки в исторических кварталах города // Градостроительство и архитектура, 2018. Т. 8, № 2. С. 95–101. DOI: 10.17763/Vestnik.2018.02.16.

REFERENCES

1. Buyer P. *Ob'yasnnyaya religiyu: Priroda religioznogo myshleniya* [Explaining Religion: The Nature of Religious Thinking]. M.: Alpina non-fiction, 2017. 496 p.
2. Pavich M. *Pejzazh, narisovannyj chaem: roman / per. s serb. N. Vagapovoj, R. Greckoj* [Landscape drawn by tea: novel / trans. by Serb. N. Vagapova, R. Gretskeya]. St. Petersburg: Alphabet, Alphabet Attius, 2016. 284 p.
3. Krogus V. R. Abbott D., Pollit K. *Gradostroitel'stvo na sklonah* [Urban planning on the slopes]. M.: Stroyizdat, 1988. 327 p.
4. Vologdina NN, Makarova T.A. Ancient constructions of labyrinths, as an analogue of the "architecture of space". *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Arhitektura i dizajn: sbornik statej* [Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and design collection of articles. Samara State Technical University]. Samara, 2017, pp. 160-163. (in Russian)
5. *Monastyri Meteory* [Meteora Monasteries]. Available at: <https://www.grekomania.ru/places/meteora> (accessed March 17, 2019).
6. Lermontov M.Yu. *Mcyri* [Mtsyri]. Moscow, 1840. 200 p.
7. Guselnikov S. *Cvetok Siona* [Flower of Zion]. Samara: Apostle of Faith, 2016. 576 p.
8. *Ierusalimskij hram Voskreseniya Hristova, Hram Groba Gospodnya* [Jerusalem Temple of the Resurrection, Church of the Holy Sepulcher]. Available: <https://drevo-info.ru/articles/251.html> (accessed March 17, 2019).
9. Adamchik M.V. *Arhitektura: kratkij spravochnik* [Architecture. A quick reference]. M.: Harvest publ., 2005. 625 p.
10. Vyazemsky P.A. *Stihotvoreniya* [Poems]. Saint-Petersburg, 1988. 765 p.
11. Krogus V.R., Maksakovsky N.V. *Monastyr' Gegard i verhov'ya reki Azat* [Geghard Monastery and the headwaters of the Azat River]. M.: Heritage Institute, 2002. 98 p.
12. Legget R. *Goroda i geologiya / per. V.Z.Mahalina* [Cities and geology / Translation by V.Z. Makhalin]. M.: Mir 1976. 175 p.
13. *Vifleem - gorod Rozhdestva* [Bethlehem – the city of Christmas]. Available at: www.pravmir.ru/vifleem-gorod-rozhdestva/ (accessed March 17, 2019).
14. Vologdina NN, Yarov V.N. *Hans Holine to the city and the world. Architecture of Freedom. Innovative Project, 2017, Volume 2, no. 3 (7), pp. 38-44.* (in Russian).

Об авторах:

ВОЛОГДИНА Наталия Николаевна

доцент кафедры архитектуры
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: vologdinanatalya@yandex.ru

VOLOGDINA Nataliya N.

Associate Professor of the Architecture Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, ul. Molodogvardeyskaya, 244
E-mail: vologdinanatalya@yandex.ru

АЛЕКСАНДРОВА Ольга Юрьевна

магистрант кафедры архитектуры
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: lyalexandrova@mail.ru

ALEXANDROVA Olga Y.

Master's Degree Student of the Architecture Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, ul. Molodogvardeyskaya, 244
E-mail: lyalexandrova@mail.ru

Для цитирования: Володина Н.Н., Александрова О.Ю. Структура храмовых комплексов в условиях сложного рельефа и принципы проектирования // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 128–139. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.17.

For citation: Vologdina N.N., Alexandrova O.Yu. Structure of temple complexes under conditions of complex relief and design principles. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 128–139. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.17.

Уважаемые читатели!

Гидрохимическая лаборатория приглашает к сотрудничеству.

Основные направления деятельности:

- исследование природных, сточных, поверхностных вод, грунтов и отходов

Руководитель *Гульнева Ирина Владимировна*

Контакты:

443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, корпус 11 (АСА СамГТУ), каб. 173
тел. (846) 339-14-85
E-mail: labvv173@mail.ru

А. О. ГЕОРГИЕВСКАЯ

ПРОБЛЕМЫ ИДЕНТИЧНОСТИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВЫХ РЫНКОВ

IDENTITY PROBLEMS OF REGIONAL FOOD MARKETS

Целью работы является выявление проблематики идентичности региональных продуктовых рынков. По мере усиления процесса глобализации все более актуальным становится вопрос поиска региональной идентичности в городском пространстве. В качестве такого пространства рассматривается городской рынок как место проявления локальных особенностей, культуры, истории и укладов в контексте городской среды. Почему рынок это пространство проявления локальной идентичности, что такое локальный контекст для городского рынка, каковы специфика и проблемы идентичности городских рынков на примере Самары, в чем заключаются возможные решения этих проблем – эти и другие вопросы рассмотрены автором в статье.

Ключевые слова: идентичность, рынок, регионализм, культура потребления, локальный контекст, производство

Современные города неотделимы от глобального экономического и социокультурного обмена. Безусловно, первое появление торговли в самой простой ее форме уже предполагало глобальный обмен: экономический и культурный. В качестве ярких примеров можно вспомнить и Римскую Империю с обширной сетью свободной торговли, и Ганзейский союз, объединявший 3000 населенных пунктов и 130 городов, или колониальную политику Британии с торговлей сахаром, который вскоре захватил весь мир [1]. Но сегодня развитие технологий, массовая миграция, туризм, рост городского населения создают еще больше условий для глобального обмена и, как следствие, для универсализации и тиражирования. Эти факторы оказывают влияние на формирование городской среды и архитектуры: продолжающиеся процессы урбанизации провоцируют типовые проекты в жилищном строительстве, а также в торговых, офисных и административных объектах, типовые общественные пространства. В этом контексте особенно актуален поиск городских пространств, сохранивших свою идентичность. В данной статье в качестве такого пространства рассматривается городской рынок как место проявления локальных особенностей, культуры, истории и укладов в контексте городской среды.

The aim of the work is to identify problems of identity of regional food markets. As the process of globalization intensifies, the search for regional identity in urban space becomes more and more relevant. As such, the urban market is seen as a place where local characteristics, culture, history, and patterns are manifested in the context of the urban environment. Why the market is a space of local identity manifestation, what is the local context for the urban market, what are the features and problems of the identity of urban markets on the example of Samara, what are the possible ways to solve these problems-these and other questions are considered by the author in the article.

Keywords: identity, marketplace, regionalism, consumer culture, local context, agriculture

Вопрос идентичности относится к междисциплинарной категории, так как рассматривается множеством специалистов из области культурологии, социологии, психологии, политологии, этнологии и т. д. Если в каждой из этих перечисленных дисциплин определения понятия идентичности были даны к концу 1970-х гг., то в сфере архитектуры и градостроительства термин идентичности еще формируется. Тем не менее, как правило, в архитектурной теории идентичность используется для обозначения совокупных особенностей здания или городского пространства, отличающих его от других зданий и мест [2]. Но в процессе междисциплинарного обмена, под влиянием социологии, культурологии и маркетинга, идентичность в архитектуре может трактоваться с разных и более узких точек зрения. Например, с точки зрения конфликта между локальным и глобальным, через поиск индивидуальности в региональных особенностях. Или через поиск образа города, духа места, чувства места, через трансляцию культурного кода. Маркетинг территории раскрывает вопрос идентичности с точки зрения брендинга и имиджа территории [3]. Все перечисленное обогащает понятие, расширяя его прикладную область.

Рассматривая вопрос идентичности, важно учитывать значение масштаба. Большой

город не имеет одной единой культуры, одной заданной характеристики. Это сложные наложения под влиянием времени и истории, экономических взлетов и падений, мод и тенденций, закрытости или регионализма. Меняя масштаб, меняется и идентичность или исчезает вовсе. Учитывая все это, сложно выделить общую идентичность в масштабе всего города. Для индивидуума или группы людей будет соответствовать одна идентичность, но для всего города – совершенно другая. Наиболее сильно идентичность проявляется в рамках ограниченного городского пространства. Поэтому данный вопрос нагляднее рассматривать в масштабе конкретных мест, а не всего города.

Рынок как пространство идентичности

Рынок одна из самых древних форм урбанистической типологии. Его расположение обуславливалось удобством формирования торгово-экономических связей, разнообразием транспортных путей с минимальными издержками, возможностью коммуникации между всеми слоями населения. Это самая простая форма обмена, сохранившаяся до наших дней. Так же как и ранее, городские рынки, являющиеся ключевыми общественными местами, где поддерживаются социальные связи, становятся отражением локального контекста.

Что такое локальный контекст для городского рынка? Это расположение в городе, разнообразие товаров, их качество и цена, наличие уникального местного продукта, а в последующей долгосрочной перспективе: гастрономические привычки, культура потребления и традиции, выстроенные отношения между продавцом и покупателем. В основе всего перечисленного лежат особенности местной системы производства и сельского хозяйства, климата, региональной экономики, управления, административной поддержки и многого другого. На базе локальных особенностей формируется определенная зависимость: чем сильнее региональная специфика, тем сильнее и ярче проявляется идентичность места. При слабой региональной политике идентичность размывается. Таким образом, рынок – это прямое отражение локального и регионального городского контекста.

Факторы проявления идентичности через рынок

Выделяют материальные и нематериальные факторы, которые оказывают влияние на формирование идентичности места. Как правило, для каждого объекта исследования определяются индивидуальные, наиболее яркие и характерные особенности [3]. В случае с городским

рынком за материальные факторы можно принять производство и экономику, расположение в городской структуре и архитектуру рынка. Из нематериальных факторов можно отметить гастрономические переживания, социальную коммуникацию, культурную память и др. Для формирования идентичности рынка важны все факторы в равной степени. Сложно выделить по значимости какой-то один или несколько параметров, отказавшись от остальных, так как суть рынка слишком многогранна: слишком много взаимосвязей, социальных, экономических, культурных и политических как внутри рынка, так и за его пределами. Слишком много персонифицированных отношений. Но все же имеет смысл обозначить факторы проявления идентичности, которые лежат в основе и являются первостепенными.

Производство и экономика. Отличительная черта торговли на рынке – это местная продукция высокого качества и разнообразие выбора. Ничто так сильно не влияет на идентичность, как местная еда на прилавках. Это возможно только при структуре регионального производства, включающей разные масштабы: не только промышленные, но и небольшие местные фермерские хозяйства. Разнообразие и многочисленность мелких хозяйств позволяет фермерам конкурировать с промышленным производством, что ведет к повышению качества локальной продукции.

Локация. Рынки, расположенные в разных странах и городах, а также в разных городских районах, имеют свои характерные особенности, которые формируются под влиянием климата и истории [4]. В контексте термина «территориальная идентичность» идентичность формируется в процессе взаимодействия с территорией и с территориальным сообществом. Локация также важна с точки зрения взаимоотношения жителя с местом [5]. В этом смысле расположение рынка играет ключевую роль в формировании его идентичности.

Архитектура. Пространственная организация рынка, его архитектура и функциональное наполнение под влиянием региональных особенностей становятся средством проявления индивидуальности, транслируют культурный код, что впоследствии может стать ярким символом или брендом этого места.

Неотъемлемым следствием вышеперечисленных факторов являются следующие (нематериальные) факторы:

Еда. Культура потребления. Городской рынок и еда – понятия, неотделимые друг от друга. «Еда – это ежедневное подтверждение культурной идентичности». Выбор продуктов питания часто связан с этническим поведением

ем и религиозными убеждениями [6]. Еда – это часть нашей повседневности, поэтому она имеет особую ценность для человека. Еда занимает центральное место в построении идентичности – это одна из самых старых индустрий, которая вносит вклад в региональное развитие.

Локальная культура. Традиции и уклады. Рынок становится неотъемлемой частью быта и культуры людей разного социального статуса, разных профессиональных сфер. Это повседневное событие, которое встраивается в городской пейзаж, становится неким неотъемлемым ритуалом и традицией. Там, где этот опыт не прерывался, существует культурная память, формируется определенный уклад, связанный с походом на рынок.

Социальная коммуникация. Рынок отличается от других форматов торговли формированием социальных связей. Каждая покупка требует социально-экономический обмен, который способствует формированию локальных сообществ на базе рынка. Рынок в таком случае становится местом, где встречаются люди различных возрастов, разных культур, религий и социального происхождения.

Рынок как бренд. Там, где региональная специфика способствует формированию сильной культурной самобытности, рынок становится городским брендом. Существуют примеры таких рынков, как Бокерия в Барселоне, Сан Мигель в Мадриде, Боро в Лондоне, Ле-Аль в Париже, Марктхол в Роттердаме и др.

Проблемы региональной идентичности рынков на примере Самары

Отсутствие культуры рыночной торговли. Российская история переживала множество кардинальных перемен, после которых старые традиции прерывались, а новые не успевали укорениться. Возникали новые ценности, менялся образ жизни. В отличие от европейской культуры, где не отрицался предыдущий опыт, в России многие устоявшиеся уклады были разрушены. История рыночной торговли – наглядный пример. В развитии рынков в России не было последовательности или преемственности: дореволюционные рынки кардинально отличались от колхозных, как и от рынков 90-х гг. XX в.

Таким образом, для рынков дореволюционного периода, советского периода и рынков 90-х гг. характерна своя идентичность. При этом у населения существует негативное отношение к каждому из данных типов, а нового образа современного рынка так и не возникло, в то время как европейские рынки являются неотъемлемой частью культуры и выглядят как нечто совершенно естественное и органичное в городской среде и культуре (рис. 1).

В Самаре, как и по всей стране, сложилось деление на рынки, которые остались подобными колхозным рынкам (в основном крытые рынки), и рынки стихийные, которые ничем не отличаются от рынков 90-х гг. В Самаре имеется всего три капитальных продуктовых рынка, которые были построены после 50-х гг. прошлого века: Троицкий, Губернский, Безымянский. В этот период они функционировали как колхозные. Коллективное сельскохозяйственное производство задавало тон их функционированию, организации пространства и отношению между продавцом и покупателем (рис. 2, 3).

Как правило, послевоенные рынки многих городов СССР были схожи по своей архитектуре: в качестве кровли использовали немецкие авиационные ангары, торговые места не были организованы как индивидуальные – это был общий длинный стол, поэтому организация торговой зоны представляла собой линейную структуру.

Кроме крытых капитальных рынков колхозного типа, в Самаре функционируют два рынка на месте бывших производственных корпусов. Также исследование рынков Самары, проведенное в 2015 г., выявило 45 некапитальных рынков, из которых часть открытые. Количество незаконных рынков в 2015 г. составляло 52 (в результате опроса и натурных исследований).

Схема расположения законных и незаконных рынков относительно административных районов города показала, что от центра к периферии количество законных рынков постепенно увеличивается, в то время как количество незаконных уменьшается. Таким образом, отсутствие капитальных законных рынков провоцирует возникновение незаконной торговли. На данный момент региональная специфика рынков Самары заключается в последовательной ликвидации как законной рыночной торговли, так и незаконной, но новое строительство или реконструкция капитальных рынков не происходит. По данным портала Самарстат на 2016 г. в Самаре насчитывается всего 9 законных розничных рынков [10]. Плановая ликвидация законной рыночной торговли и возникновение на ее месте стихийной торговли не может формировать культуру потребления локальной продукции.

Система производства, исключая малое фермерское хозяйство. Конкурентное преимущество рынков над другими форматами – это разнообразие свежей и качественной продукции. Европейские рынки снабжаются большим количеством местных фермерских производств. Существует целая система промышленных, полупромышленных и фермер-



Рис. 1. Основные типы фермерских рынков в России (дореволюционный рынок [7], колхозный рынок [8], рынок 90-х гг. XX в. в спортивном комплексе Лужники [9])



Рис. 2. Губернский рынок в Самаре



Рис. 3. Троицкий рынок в Самаре

ских хозяйств, которые имеют прямой выход на рынок и субсидируются из бюджетов муниципалитетов [11]. Яркие примеры такой поддержки существуют в Италии и Испании. В России, напротив, небольшим фермерским хозяйством развиваться сложнее, так как государственная поддержка направлена преимущественно на крупные хозяйства и промышленное производство. Адресная поддержка происходит на уровне министерств РФ, а не муниципалитетов, что затрудняет контроль. В таких условиях нет возможности для увеличения числа мелких хозяйств. В итоге локальная продукция стандартизирована – потребитель не видит принципиальных отличий между ассортиментом на рынке и магазинным. При этом стоимость магазинной продукции гораздо привлекательней рыночной, так как затраты на производство уникального качественного продукта выше. В результате не формируется культура потребления и традиции, связанные с региональным рынком.

Мультикультурность. В результате натурных наблюдений среди отличительных черт рынков Самары можно выделить их мультикультурность. Как правило, товары на прилавках привезены из разных регионов и областей. Вместе с тем и торговцы являются носителями разных культур. В зависимости от района города можно зафиксировать преобладание той или иной культуры среди покупателей, но незначительное. В связи с этим возникает вопрос: разнообразие культур – признак отсутствия идентичности? Возможно, мультикультурность – это одна из форм идентификации, свободная от национальной или расовой принадлежности. Б.В. Марков в книге «Храм и рынок. Человек в пространстве культуры» [12] приводит в пример Нью-Йорк, который формировался как интернациональный город, где по мере роста благосостояния его жители уступали свое устаревшее жилье новым эмигрантам. Но историческое развитие Самары, торгового, купеческого города, идет по этому же пути. Мультикультурность в городах, которые формировались как торговые, не воспринимается жителями как враждебная. Если же город был обособлен от внешних связей, то возможна негативная реакция. Так или иначе для ответа на эти вопросы требуется более детальное рассмотрение.

Встроенность в городские уклады. Уклад – это некоторый установившийся порядок и описание повседневного быта. Одна из проблем региональной идентичности рынков Самары заключается как раз в отсутствии похода на рынок среди сложившегося уклада большинства горожан. Отчасти это связано с пренебре-

жением рыночной торговлей как неудобного и некомфортного пространства в сравнении с супермаркетом. Но один из важных факторов – это неадаптированные часы работы рынка под современные уклады горожан. Рынки работают с раннего утра и до семи вечера, в то время как жизненный ритм многих людей и потенциальных покупателей не позволяет оказаться на рынке до его закрытия. Эта проблема решается в разных городах по-разному. В Барселоне и Флоренции часть рынков в зависимости от дня недели работает только до обеда, зато в другие дни недели – до позднего вечера. Подход заключается в том, что если по одним дням недели рынок закрывается рано, то обязательно есть альтернативный вариант с более удобными часами работы.

Возможные решения проблем региональной идентичности городских рынков

Эффективные решения обозначенных проблем могут лежать прежде всего в решении основных и наиболее значимых вопросов. Среди них:

1. Качественный местный продукт как основа идентичности. Для этого необходима административная поддержка малых фермерских хозяйств, результатом которой станет разномасштабная структура производства, возможность конкуренции мелких сельских хозяйств с крупными производствами, повышение качества и разнообразия продуктов, реализуемых на рынке.

2. Поддержка развития и реконструкции рынков муниципальными программами.

3. Реконструкция городских рынков с учетом образа жизни современных потребителей.

4. Просветительская, образовательная деятельность, связанная с устойчивым развитием, питанием и приготовлением пищи на базе локального фермерства и рынков. Например, программа «Eating City» во Франции или итальянская программа Cittàslow.

5. Переосмысление гастрономических традиций, которые сложились на территории России. Использование этих образов для формирования культуры потребления.

6. Ограничение строительства крупных торговых центров в исторических центрах городов с целью развития стрит-ритейла и торговли на рынках.

Выводы. Региональная идентичность городских рынков формируется через ряд факторов. Прежде всего, это развитие и экономическая эффективность сельского хозяйства, а также структуры производства. Месторасположение рынка в городской структуре, архитектура, еда и культура потребления, локальная культура и традиции, социальная коммуника-

ция, а также бренд рынка – являются необходимыми условиями для формирования локальной идентичности через рынок.

Среди проблем идентичности рынков Самары были выделены:

- 1) отсутствие культуры рыночной торговли;
- 2) система производства, исключая малое фермерское хозяйство;
- 3) мультикультурность;
- 4) встроенность в уклады.

Основные из возможных решений проблем региональной идентичности продуктовых рынков лежат в следующих шагах:

- 1) развитие сельского хозяйства как способ усиления региональной идентичности. Административная поддержка малых фермерских хозяйств;
- 2) поддержка развития и реконструкции рынков муниципальными программами;
- 3) реконструкция городских рынков с учетом образа жизни современных потребителей;
- 4) просветительская деятельность в области здорового питания;
- 5) переосмысление гастрономических традиций России и региона;
- 6) ограничение строительства крупных торговых центров в исторических центрах городов.

Решение проблем региональной идентичности рынков Самары, рассмотренных в данной статье, – это необходимость создания нового подхода к развитию города, который подчеркивал бы особенности и уникальность среды, что создает усиление конкуренции между городами в контексте глобализации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бродель Ф. Материальная цивилизация, экономика и капитализм. XV-XVIII вв. Т. 2. Игры обмена. М.: Прогресс, 1988. 634 с.
2. Pyle J. Identity of the Modern City. ProfX 1.4. Written Essay. Leeds school of architecture, 2010. С. 7.
3. Скалкин А.А. Понятие идентичности и факторы ее формирования // Architecture and Modern Information Technologies. 2017. № 4(41). С. 57–67: http://marhi.ru/AMIT/2017/4kvart17/05_skalkin/index.php
4. Дягилева Н. С. Теоретические аспекты городской идентичности // Брендинг малых и средних городов России: опыт, проблемы, перспективы. Екатеринбург: УрФУ, 2013. С. 54–59.
5. Чернявская О.С. Осмысление понятия территориальной идентичности // Вестник Вятского государственного гуманитарного университета. 2011. № 4(4). С. 70–77.
6. Gina M. Food and identity: Food studies, cultural, and personal identity. Journal of International Business and Cultural Studies, 2104, vol. 8.
7. Фотографии Москвы 1909 г. [Электронный ресурс] <http://statehistory.ru/2583/Fotografii-Moskvy-1909g/> (дата обращения: 31.10.2018).
8. Как это было: продовольственные рынки в Советском Союзе [Электронный ресурс] <https://kulturologia.ru/blogs/300517/34726/> (дата обращения: 31.10.2018).
9. Культура и быт Москвы 90-х годов [Электронный ресурс] https://moscowchronology.ru/culture_1990s.html (дата обращения: 31.10.2018).
10. Розничная торговля и общественное питание [Электронный ресурс] http://www.gks.ru/scripts/db_inet2/passport/table.aspx?opt=367010002012201320142015201620172018 (дата обращения: 31.10.2018).
11. Patterns of peri-urban agriculture in Italy. Inea - Istituto Nazionale di economia Agraria (2017) [Электронный ресурс] https://www.researchgate.net/profile/Francesco_Vanni (дата обращения: 31.10.2018).
12. Марков Б.В. Храм и рынок. Человек в пространстве культуры. СПб.: Алтейя, 1999.

REFERENCES

1. Brodel' F. *Material'naya tsivilizatsiya, ekonomika i kapitalizm. XV-XVIII vv. T. 2. Iгры obmena* [Material civilization, economics and capitalism. XV-XVIII centuries. V. 2. Game sharing]. М.: Progress, 1988. 634 p.
2. Pyle J. Identity of the Modern City. ProfX 1.4. Written Essay. Leeds school of architecture, 2010, p. 7.
3. Skalkin A.A. The concept of identity and factors of its formation. Architecture and Modern Information Technologies, 2017, vol. 4, no 41. Available at: http://marhi.ru/AMIT/2017/4kvart17/05_skalkin/index.php (Accessed 31 October 2018).
4. Dyagileva N. S. The theoretical aspects of urban identity. *Branding malykh i srednikh gorodov Rossii: opyt, problemy, perspektivy* [Branding of small and medium-sized cities of Russia: experience, problems, prospects]. Ekaterinburg, 2013, pp. 54-59. (In Russian).
5. Chernyavskaya O.S. Interpretation of the concept territorial identity. *Vestnik Vyatskogo gosudarstvennogo gumanitarnogo universiteta* [Herald of Vyatka State University], 2011, no 4, pp. 70-77. (in Russian)
6. Gina M. Food and identity: Food studies, cultural, and personal identity. Journal of International Business and Cultural Studies, 2014, vol. 8.
7. *Fotografii Moskvy 1909 g.* [Photos of Moscow in 1909]. Available at: <http://statehistory.ru/2583/Fotografii-Moskvy-1909g/> (accessed 31 October 2018)
8. *Kak eto bylo: prodovol'stvennye rynki v Sovetskom Soyuze* [Here's some of the food markets in the Soviet Union]. Available at: <https://kulturologia.ru/blogs/300517/34726/> (accessed 31 October 2018)
9. *Kul'tura i byt Moskvy 90-kh godov* [Culture and life in Moscow in the 90's]. Available at: https://moscowchronology.ru/culture_1990s.html (accessed 31 October 2018)

10. *Roznichnaya trgovlya i obshchestvennoe pitanie* [Retail trade and public catering] Available at: http://www.gks.ru/scripts/db_inet2/passport/table.aspx?opt=367010002012201320142015201620172018 (accessed 31 October 2018)

11. Patterns of peri-urban agriculture in Italy. Inea - Istituto Nazionale di economia Agrara (2017). Available at: https://www.researchgate.net/profile/Francesco_Vanni (accessed 31 October 2018).

12. Markov B. V. *Khram i rynek. Chelovek v prostranstve kul'tury* [Temple and Market. Man in Perspective of Culture]. St. Petersburg, Aleteiia Publ., 1999. 304 p.

Об авторе:

ГЕОРГИЕВСКАЯ Алина Олеговна

аспирант

Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры

443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

E-mail: georgievskaya.a@gmail.com

GEORGIEVSKAYA Alina O.

Postgraduate Student

Samara State Technical University

Academy of Architecture and Civil Engineering

443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244

E-mail: georgievskaya.a@gmail.com

Для цитирования: Георгиевская А.О. Проблемы идентичности региональных продуктовых рынков // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 140–147. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.18.

For citation: Georgievskaya A.O. Identity problems of regional food markets. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 140–147. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.18.

Уважаемые читатели!

Научно-технический центр «АРХИГРАД» приглашает к сотрудничеству.

Основные направления деятельности Центра:

- градостроительство, градостроительная реконструкция
- территориальное планирование
- архитектурное и ландшафтное проектирование
- реконструкция зданий и сооружений
- экспертная деятельность
- повышение квалификации руководителей и специалистов организаций

Руководитель *Вавилонская Татьяна Владимировна*

Контакты:

443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, корпус 13 (АСА СамГТУ), каб. 0102
тел. (846) 242-52-21

E-mail: baranova1968@mail.ru

Н. Ю. МЕДВЕДЕВА
А. Н. ПАРШИН

ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ АТРИУМНЫХ ПРОСТРАНСТВ В АСПЕКТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

STAGES OF FORMATION OF ATRIUM SPACES
IN THE ASPECT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE CITY ENVIRONMENT

Исследуется формирование атриумных пространств, изменение их функционально-композиционных особенностей в процессе развития и трансформации объемно-планировочных качеств архитектуры. Систематизируется накопленный опыт проектирования атриумных зданий с целью создания устойчивой архитектурной и градостроительной среды. Впервые проанализированы прототипы атриумных пространств эпохи Средневековья конца XIX – начала XX в. Изучен отечественный и зарубежный опыт формирования атриумных зданий. Выявлены особенности формообразования современных атриумных пространств, выполняющих функцию внутреннего двора для одного или группы зданий.

The formation of atrium spaces, the change in their functional and compositional features in the process of development and transformation of space-planning qualities of architecture are investigated. The accumulated experience in designing atrium buildings with the aim of creating a sustainable architectural and urban planning environment is systematized. For the first time, prototypes of atrium spaces of the Middle Ages of the late nineteenth and early twentieth centuries are analyzed. Studied domestic and foreign experience in the formation of atrium buildings. The features of the shaping of modern atrium spaces that perform the function of a courtyard for one or a group of buildings are revealed.

Ключевые слова: атриум, атриумное пространство, сетопрозрачное покрытие, этапы формирования, устойчивое развитие

Keywords: atrium, atrium space, translucent coating, stages of formation, sustainable development

Формирование атриумных пространств связано с историческими этапами развития объемно-планировочных компонентов в архитектуре и градостроительстве начиная с древних времен. Понятие атриума как открытого внутреннего дворика, иногда окруженного галереями и выполняющего защитные, религиозные, хозяйственные функции, со временем трансформировалось, приобретая различные пространственные и формообразующие особенности, функциональное наполнение (светское, деловое назначение). Современный атриум сохраняет традиционное значение замкнутого дворового пространства, чаще открытого светопрозрачной оболочкой. Наблюдается расширение объемно-пространственных и функциональных возможностей атриумного пространства. Трансформация и дальнейшее применение объемно-планировочных и функциональных характеристик атриумных пространств исследуется в настоящей статье.

Древний мир

Характер древнего жилища был определен особенностями жаркого климата с палящим солнцем стран Востока, Древнего Египта, Рима.

Жилые помещения в домах были ориентированы на север и часто выходили в сад. Ограждающие конструкции были массивными и изготовлялись из сырцового кирпича. Стены сохраняли холод днем и отдавали тепло ночью. Отверстие в кровле создавалось для дымоудаления, которое со временем трансформировалось во внутренний двор или перистиль. Перистиль служил для охлаждения стен и создания комфортного микроклимата обитателей дома. Пространство внутреннего двора выполняло хозяйственные (место для приготовления пищи), рекреационные (место для отдыха) и коммуникационные функции. В центре размещался бассейн (импловий), а отверстие (комплювиум) в кровле и ее форма были организованы для стока дождевой воды [1].

В Римском жилище фасады не оформлялись и часто не имели окон. Перед главным входом в здание композицию пространства формировали общественные помещения: мастерские, торговые лавки, главная гостиная. «Своим главным фасадом на всем протяжении постройка должна быть обращена к югу, озаряемая на одном своем углу лучами восходящего солнца и несколько отклоняющаяся от зимнего заката (юго-запада).

Тогда окажется, что зимою она будет освещена солнцем, а летом не будет испытывать его зноя.... Форма же дома должна быть такова, чтобы на небольшом пространстве и для лета, и для зимы были обеспечены жилые помещения» [2, с. 301–302]. Связь с природой построек Древнего Рима выражалась в развитии садово-парковой архитектуры, организации внутренних дворов и их взаимодействии посредством галерей и полуоткрытых помещений [2, с. 306].

В каждой стране и культуре функциональное назначение внутреннего двора трансформировалось, что отражало специфику обитания человека в доме. Например Е.Б. Овсянникова, описывая атриумные пространства селений высокогорного Дагестана (1000–2000 м над уровнем моря), выделяет ряд особенностей: «Примечательно, что атриум хорошо вписывается в концепцию коллективной по сути градостроительной системы высокогорных сел в Дагестане. Дома здесь до сих пор устроены с общими для соседей стенами и проемами. В древности это было актуально для спешного побега жителей из села в случае опасности. Все такие дома как единый организм. Их дворы устроены на крутых склонах. Крыши помещений, к ним примыкающих, служат двором же для вышерасположенных домов. Атриумы в этом случае часто ступенчатые, а сами строения немислимой конфигурации, их нечеткая геометрия непередаваема в ортогональном чертеже» [3, с. 19].

В Древнем Китае дома (северный тип жилища сыхэюань) блокировались друг к другу, создавая прямоугольные кварталы. Усадьбы были окружены кирпичной стеной для пожарной безопасности, защиты от холода и ветра.

Внешние стены зданий сыхэюань сформировали особый тип улиц – хутуны, вытянутые по широтному или меридиональному направлениям. Внутренний двор имел большие размеры и был вытянут по меридиональной оси для лучшей инсоляции. В южных районах жилые комплексы имели более компактный план, менее расчлененный объем, этажность от двух и более этажей.

Эпоха Средневековья

Создавались фортификационные сооружения с внутренними дворами. Пространство внутри оборонительных стен замка имело многоуровневую планировочную структуру, включающую различные функциональные группы помещений (жилые, производственные, оборонительные, ремесленные, хозяйственные). Дворовое пространство характеризовалось многофункциональностью и располагалось в разных уровнях.

Конструктивная основа и оформление фасадов в европейских странах были деревянными. В связи с систематической вырубкой лесов в скандинавских странах появилась фахверковая конструкция и распространилась по всей Европе. Деревянный каркас зданий в разных странах имел свои особенности. Например, в Тюрингии (историческая область современной Германии) нижний этаж являлся самостоятельным объемом, а оси несущих опор верхнего этажа не совпадали с нижними [4, с. 205–207]. Аналогичное конструктивное решение и расположение уровней зданий в дальнейшем распространилось в эпоху Ренессанса (XV–XVI вв.) для жилища Испании [5]. Внутренний двор городского и сельского жилища был открытым и предназначался для хозяйственных нужд (рис. 1).

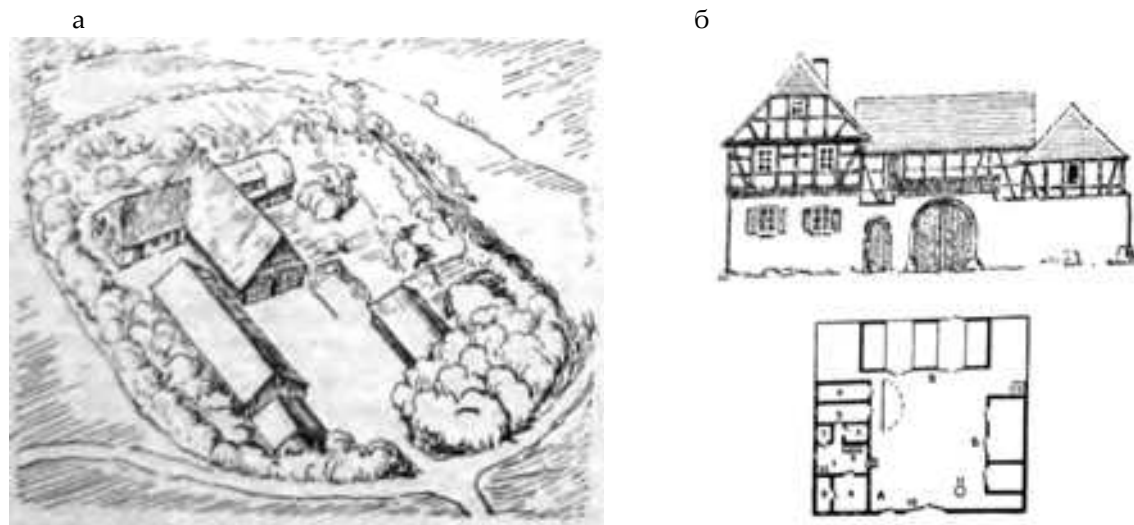


Рис. 1. Внутренние дворы жилой застройки эпохи Средневековья: а – Амельсбюрен. Крестьянский двор. Реконструкция; б – тип фахверкового дома [4, с. 210]

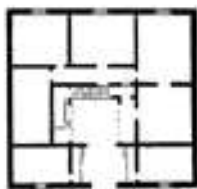
В архитектуре некоторых жилых зданий Испании (рис. 2) сформировались следующие пространственно-планировочные особенности:

- консольный выступ второго этажа или чердака;
- на первом этаже размещение хлева для скота;
- на втором этаже парадная комната располагалась со стороны главного фасада, кухня – со

стороны заднего. Остальное пространство второго этажа занимали жилые комнаты;

- в селах амбары для хранения продуктов («орреос») размещались на опорах (каменных или деревянных столбах) для защиты от грызунов и хорошей вентиляции [5, с. 400–401];
- в домах ремесленников и торговцев в первом этаже располагалась мастерская или лавка [5].

а



б



Рис. 2. Архитектура жилых зданий Испании:

а – Авила. Жилой дом. Планы рядовых жилых домов XV–XVI вв.; б – Австрийское «орреос» [5, с. 401]

Русь Средневековья

Усадебный принцип группировки построек характерен для селищ XII в. Площадь участков составляла от 250 до 800 м², внутреннего двора – 120 м². Постройки усадеб располагались по периметру, прямоугольником или полукругом. Этнографами XIX–XX вв. было отмечено, что крестьянский двор с XII в. имел трехрядную структуру застройки. В 1939 г. Н. Яснецким в районе Изборска были обнаружены круглые непокрытые дворы. Местные жители такое расположение построек описывают как «наиболее древний вид» двора [6].

К XIX в. организация внутреннего пространства подчинена хозяйственному (функциональному) процессу. Сохраняются основные принципы расположения хозяйственных построек по отношению к жилищу: хлев и конюшни размещают на отдалении или связывают крытым переходом.

Эпоха Возрождения

Примером архитектуры, объединяющей эпохи Средневековья и Возрождения, является Палаццо Дукале в Урбино (рис. 3). Пространственно-планировочная структура комплекса обладает качествами романского и готического стилей. Палаццо Дукале в Урбино расположен на возвышенности и имеет

массивные стены с узкими оконными проемами – характерные элементы для оборонительных сооружений. Внутреннее пространство с развитой многоуровневой функциональной структурой включает все необходимые элементы (жилые, общественные, научные, культурные, хозяйственные, ремесленные блоки) для автономного существования дворца как города.

Сдержанность в оформлении фасадов в романском стиле сочеталась с готическими башнями, арочными окнами и многоуровневым балконом в флорентийском стиле эпохи Возрождения. Большой внутренний двор, созданный в XV в., имел характерную для Ренессанса парадность (арочные галереи с пиллястрами) и открытость городскому пространству [5, с. 105].

Общим типом дворцов являются дворцы Флоренции, Сиены, Рима. Особенности территориального и планировочного характера обладают генуэзские и венецианские дворцы. Территория Генуи отличается высокими перепадами рельефа и плотностью застройки (рис. 4). Из-за неровности поверхности почвы возможно создание небольших дворов, где могла развернуться только упряжка лошадей. Дворы перекрывались. В Генуе была распространена террасированная застройка,

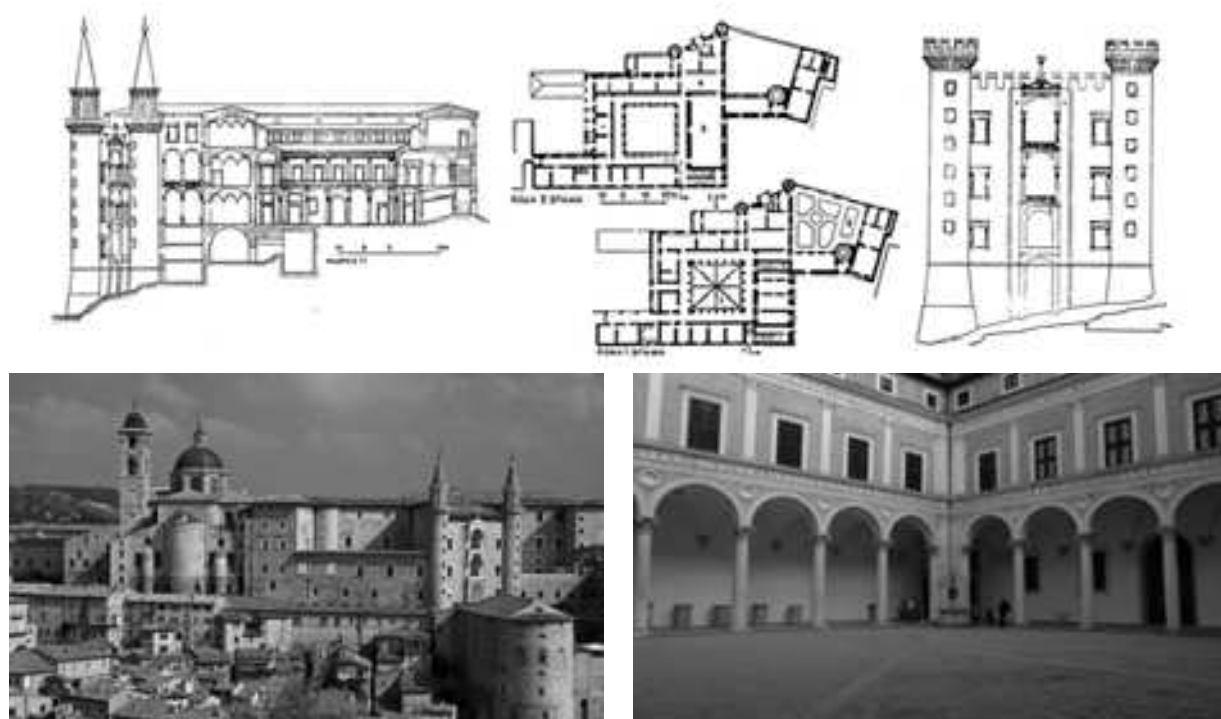


Рис. 3. Урбино. Палаццо Дукале. Фасады (даны в реконструкции), слева – главный (западный), справа – северный; планы этажей [5, с. 105], виды

планировка которой позволяла обслуживающие помещения разместить в нижних (заглубленных) этажах (рис. 4). В Венеции, в связи с заменой наземного транспорта на водный, внутренний двор трансформировался в узкие крытые коридоры. Крытое пространство между фасадами часто надстраивалось новыми уровнями, где располагались галереи. Таким образом, осуществлялось объединение двух зданий. Главный фасад выходил на лагуну, а задний объединялся с соседним зданием галерей, в которую выходили жилые помещения [7, с. 599].

Французская архитектура эпохи Возрождения (XV–XVI вв.) имела свои особенности. Во Франции сформировались два типа планов дворцов: шато (замок) и отель. К первому типу относятся сооружения с замкну-

тым прямоугольным внутренним двором, три стороны которого застроены жилыми корпусами, четвертая – каменной оградой с порталом. Корпус с главными помещениями расположен в глубине двора. Второй тип представляет собой здание с внутренним двором, изолированным от окружающего пространства по периметру корпусами. Типы шато и отель со временем трансформируются: дополняются открытыми садово-парковыми пространствами, объединяющими интерьер и внешнюю среду сооружения [5, с. 369]. Дворцы раннего Возрождения сохраняют асимметричную планировку и элементы оформления фасадов в готическом стиле (Дом Жака Кэра в Бурже [5, с. 367]).

В XVI в. пространственная организация дворцовых сооружений Франции, Англии и других европейских стран приобретает качества архитектуры классицизма и барокко: симметричность планировки и фасадов, масштабность открытых дворов, передача парадности дворового пространства архитектурными средствами, элементами ландшафтного дизайна и скульптуры. Стиль барокко отличался от классического плавностью и, одновременно, сложностью форм; в формировании плана здания симметричность не являлась доминирующим фактором.

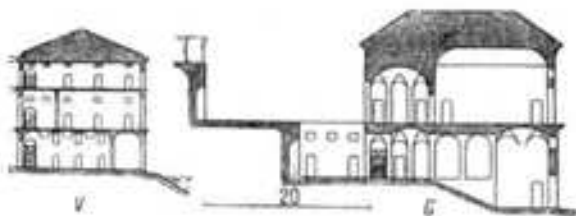


Рис. 4. Внутренний двор в Венеции [7, с. 599]

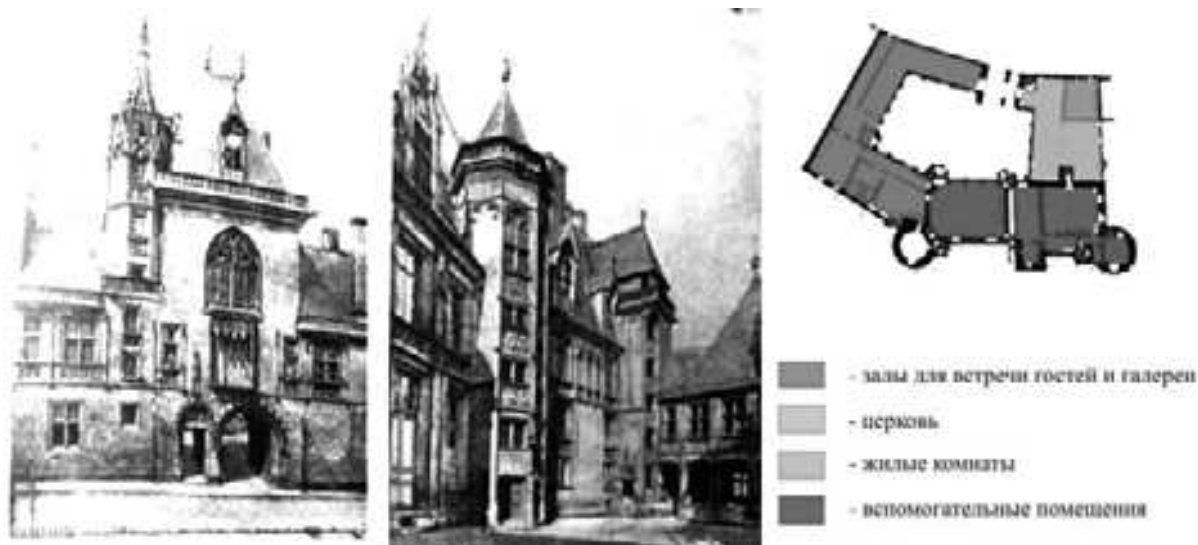


Рис. 5. Бурж. Дом Жака Кэра. Середина XV в. Уличный фасад, внутренний двор, план первого этажа [6, с. 367]

В Испании распространенным было строительство общественных зданий и комплексов религиозного и медицинского назначения с организацией внутреннего двора. Примером является госпиталь Сан Хуан Баутиста де Афуэро в Толедо (госпиталь Таверо, называемый в честь его основателя архиепископа Хуана де Тавера), строительство которого продолжалось с 1541 г. до конца XVI в. Функционально-планировочная структура комплекса состояла из помещений для больных, помещений для персонала, аптеки и внутренних дворов. В центре внутривортового пространства была размещена церковь, связанная со всеми внутренними помещениями. Открытая двухъярусная галерея соединяла здание церкви с входом и разделяла внутренний двор госпиталя на два открытых простран-

ства. Главной идеей такого композиционного решения было создание ощущения пространства и акцентация внимания зрителя на церкви через ажурную систему аркад [9].

Новый прием включения культового сооружения с открытыми галереями в центральную часть двора применялся в других постройках. Сооружение Эскориал, построенное при правлении Филиппа II к северу - западу от Мадрида (1563–1584 гг.), являлось дворцовым и монастырским комплексом, где размещались королевская резиденция, монастырские и учебные помещения, гробницы монархов Габсбургской династии. Комплекс занимает территорию размером 207х162 м и является крупнейшим в мире сооружением эпохи Возрождения. Центральное положение в композиции объекта занимает Ко-

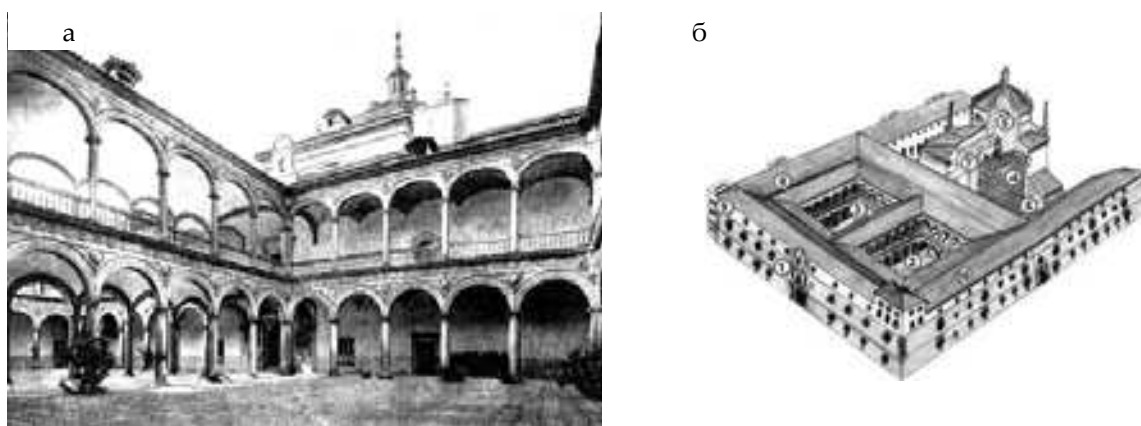


Рис. 6. Толедо. Госпиталь Сан Хуан Баутиста де Афуэро, начат в 1541 г. Бартоломео Бюстаманте: а – дворик госпиталя; б – 1 – фасад; 2 – дворы; 3 – аптека; 4 – гробница кардинала Тавера; 5 – алтари церкви; 6 – ризница; 7 – крипта; 8 – музей; 9 – архивы герцогского дома Мединачали [9]

ролевский двор, симметрично которого размещены дворные пространства колледжа и монастыря. Внутренние дворы пересекают открытые галереи в форме креста. Двор монастыря связан парадной лестницей с Двором Евангелистов. Планировочное решение и масштабность комплекса свидетельствуют о появлении новых течений в архитектуре, характерных классицизма и барокко [9].

Архитектура конца XVII – XIX в.

Конец XVII – начало XIX в. ознаменован технической революцией и, как следствие, ростом промышленного производства, который был связан с проблемами социально-экономического и экологического характера. В Европе и России стилистика фасадов, конфигурация в плане и этажность домов формировались в зависимости от сложившейся к тому времени градостроительной ситуации. В начале XIX в. этажность застройки составляла 3–4 этажа. С увеличением численности населения города этажность зданий и плотность застройки увеличивалась. Внутри свободных кварталов строились новые здания с внутренними дворами-колодцами [10].

Активная урбанизация, увеличение плотности населения, вредные выбросы в атмосферу от выхлопных газов, заводов, фабрик, ухудшение состояния микроклимата городов, увеличение отходов жизнедеятельности человека требовали радикальных мер по улучшению качества городской среды. Основные тенденции градостроительной теории развивались в двух направлениях: урбанистическом и дезурбанистическом. Урбанистический подход предполагал улучшение экологической ситуации путем концентрации населения в городе. Концепции «индустриальный город» Т. Гарнье (1904), «лучезарный город» Ле Корбюзье (1922), «город небоскребов» О. Пере, «город-машина» Сант Элиа (1914), «многоуровневый город» Л. Гильбесмейера (1930), «динамичный город» Н.А. Ладовского (1930) послужили базой для создания основополагающих принципов урбанистического города XX в. Они заключались в решении проблем городской инфраструктуры через:

- функциональное зонирование города;
- увеличение этажности зданий;
- организацию транспортных развязок, магистралей и многоуровневых улиц.

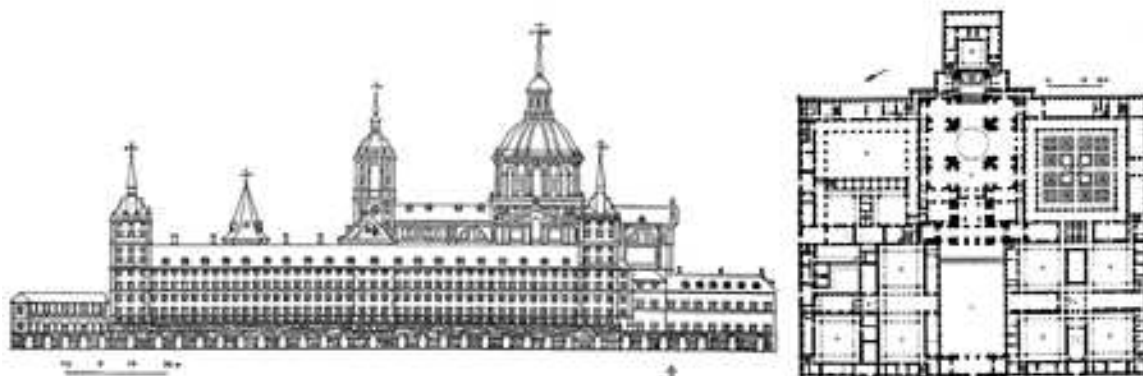


Рис. 7. Эскориал. Дворец-монастырь. Юго-западный фасад, план, храм евангелистов, восточный фасад двора королей



Рис. 8. Архитектурно-планировочные решения домов в Москве и Санкт-Петербурге (1910–1912 гг.) [11]

Для дезурбанистического направления в архитектуре и строительстве выделяют следующие способы решения градо-экологических проблем:

- взаимодействие природного окружения и элементов городской среды;
- ограничение численности жителей в поселениях;
- внедрение в архитектуру и градостроительство научных достижений в области социологии, экологии, эстетики, гигиены, медицины и других наук [12].

Атриум до XIX в. представлял собой внутренний двор или значительное по размерам пространство в здании с отверстием в крыше. Изобретение стеклянных крыш стало начальным этапом изобретения систем солнечного отопления. Применяется водяное и воздушное отопление. В этот же период принципы регулирования микроклимата жилых помещений развиваются в двух направлениях: биоклиматическом и индустриальном. Первый направлен на адаптацию внутреннего пространства здания к природным условиям местности, второй – на создание искусственного микроклимата за счет ресурсов окружающей среды.

В начале XIX в. появляются новые строительные материалы и конструктивные возможности в строительстве. Металлический каркас в сочетании со стеклянными панелями позволили перекрывать значительные по площади пространства: торговые пассажи, улицы торгово-развлекательного назначения. Современные атриумные пространства рассматриваются как элементы, способствующие улучшению экологического комфорта и энергоэффективности зданий и сохранению исторически ценных архитектурных объектов.

В народных жилых постройках Ближнего Востока и Средиземноморья внутриворонное пространство перекрывалось куполом. Такой композиционный прием получил развитие в офисных, культурных, учебных, многофункциональных зданиях и градостроительных объектах.

В начале XX в. возникает новая концепция «ноосфера», подразумевающая управляемое

создание общества и природы без ущерба для будущих поколений. 1970-е гг. связаны с энергетическим кризисом в Европе. Активно строятся атомные электростанции, химические фабрики. Общество реагирует на сложившуюся экологическую ситуацию масштабными протестами, созданием политических движений, экологических организаций, предприятий, научно-исследовательских институтов. К концу XX в. формируются комплексные направления научных исследований: глобалистика, синергетика, градостроительная экология, направленные на решение проблем глобального экологического кризиса. На сегодняшний день градостроительные экологические проблемы остаются нерешенными и зависят от следующих обстоятельств:

- Основным фактором, влияющим на загрузку транспортной магистрали, объемы бытового или перерабатываемого на предприятиях мусора, является масштаб города: его площадь, состав и плотность населения.

- Природные условия, особенности климата, наличие или отсутствие озелененных территорий, водных объектов в структуре города и на его периферии.

- Характер работы и масштабы выбросов промышленных предприятий, влияющих на окружающую среду.

- Ввиду изменения состава и численности населения современных городов увеличивается этажность застройки и нагрузка на всю инфраструктуру в целом.

- Требуют особого внимания и усовершенствования инженерные сети и коммуникации российских городов, их градо-экологическая ситуация [13].

Р. Саксон в 60-е гг. XX в. классифицировал типы атриумных зданий (рис. 9) и структурировал факторы, влияющие на концепцию зданий с атриумами [14, с. 18]. Исследования Р. Саксона, представленные в работе «Атриумные здания», свидетельствуют об этапе научно-технического прогресса и архитектурного проектирования. Увеличение инсоляции внутреннего пространства посредством атриума позволило включить элементы озеленения в интерьер здания.



Рис. 9. Исходные формы атриумных зданий: а – одностенный атриум; б – двухстенный атриум; в – трехстенный атриум; г – четырехстенный атриум; д – линейный атриум [14, с. 80]

Пешеходно-транспортный узел или исторически ценное здание под стеклянным куполом в 60-е гг. были разработаны на стадии архитектурного проекта или реализованы в единичных объектах. В настоящее время подобные приемы применяются в знаковых архитектурных объектах, что свидетельствует о тенденции внедрения атриумных пространств в городскую среду.

В XX в. функциональная и композиционная составляющие атриумных зданий значительно меняются. Урбанистическое и дезурбанистическое направления в архитектуре сохраняются и развиваются, проявляясь в реализованных объектах и теоретических исследованиях того времени. В современной архитектуре и градостроительстве пространственные концепции трансформируются, что представляет интерес для дальнейшего исследования.

Выводы. На основе проанализированного отечественного и зарубежного опыта было выявлено, что в функциональном и композиционном аспектах современные атриумные пространства, выполняющие функции внутреннего двора, имеют нестандартный принцип формирования и обладают рядом особенностей:

- Функциональное разграничение пространства на зоны, образующие систему пространств.
- На основе созданного архитекторами пространства владельцам территории предоставляется определенная свобода в выборе функционального назначения двора (атриума).
- Озеленение пространства, одновременно являющегося личным пространством и просматриваемой территорией, в контексте общественных озелененных городских пространств (парков, аллей, набережных, скверов и т. п.) создает связь с городской средой и сохраняет приватность объекта.
- Светопрозрачное покрытие атриумного пространства создает физиологический и психологический комфорт, используется жителями независимо от внешних погодных условий.
- Возможность атриумного пространства объединять личные (терраса, балкон), соседские (общая веранда) и общественные (благоустроенные зоны для общего пользования) интересы позволяет гармонизировать связь отдельного человека с городским пространством.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поляков Е.Н. Архитектура Древнего мира / ТГАСУ. Томск, 2016. 401 с. Т. 1.
2. Поляков Е.Н. Архитектура Древнего мира / ТГАСУ. Томск, 2017. 487 с. Т. 2.
3. Овсянникова Е.Б., Архитектурная типология. Древнейшие и актуальные архетипы архитектурно-

го пространства. Тектоника. Влияние материалов на архитектурное пространство. Влияние авторских концепций на типологию. Развитие и трансформации пространственных типов. Екатеринбург: TATLIN, 2015. 128 с.

4. Всеобщая история архитектуры. Т. 4 / ред. А.А. Губер. М.: Стройиздат, 1967. 693 с.
5. Савицкий Ю.Ю. Всеобщая история архитектуры. Т. 5. М.: Стройиздат, 1967. 693 с.
6. Новожеев Р. В. Крестьянский двор в домонгольской Руси. Некоторые аспекты истории изучения // Вестник Брянского государственного университета. 2011. № 2 [Электронный ресурс] URL: <http://cyberleninka.ru> (дата обращения: 05.11.2016).
7. Шуази О. История Архитектуры. Т. 2. М.: Издательство Всесоюзной Академии архитектуры, 1935. 706 с.
8. Архитекторы Ренессанса. Сансовино (Татти), Якопо. Jacopo Sansovino [Электронный ресурс] URL: http://famous.totalarch.com/jacopo_sansovino (дата обращения: 15.06.2017).
9. The Church-Pantheon [Электронный ресурс] URL: http://en.fundacionmedinaceli.org/monumentos/hospital/descubra_apuntes.aspx (дата обращения: 20.06.2017).
10. Борисова А. Е. Русская архитектура второй половины XIX века. М.: Наука, 1979 [Электронный ресурс] URL: <http://arx.novosibdom.ru/node/1686> (дата обращения: 06.03.2017).
11. Афанасьев А.А. Реконструкция жилых зданий. Ч. I. Технологии восстановления эксплуатационной надежности жилых зданий. М., 2008 [Электронный ресурс] URL: <http://www.complexdoc.ru/1686> (дата обращения: 12.05.2017).
12. Общий обзор концепций современного города [Электронный ресурс]. URL: http://ecodelo.org/9011-1_1_obshchii_obzor_kontseptsii_sovremennogo_goroda-1_sovremennoe_sostoyanie_problem_ekologizats (дата обращения: 25.04.2018).
13. Урбэкология и социально-экологические проблемы городов [Электронный ресурс]. URL: <http://bookre.org/reader?file=569067> (дата обращения: 20.06.2018).
14. Саксон Р. Атриумные здания / пер. с англ. М.: Стройиздат, 1987. 135 с.
15. Колесников С.А. Архитектурная типология высокоурбанизированных многофункциональных узлов городской структуры крупнейшего города: дис. ... канд. арх.: 18.00.02. Самара, 2006. 180 с.

REFERENCES

1. Polyakov E.N. *Arkhitektura Drevnego mira* [Architecture of the Ancient World], vol.1. Tomsk, 2016. 401 p.
2. Polyakov E.N. *Arkhitektura Drevnego mira* [Architecture of the Ancient World], vol. 2. Tomsk, 2017, 487 p.
3. Ovsyannikova E.B. *Arkhitekturnaya tipologiya. Drevneyshiy i aktual'nyye arkhetypy arkhitekturnogo prostanstva. Tektonika. Vliyaniye materialov na arkhitekturnoye*

prostranstvo. Vliyaniye avtorskikh kontseptsiy na tipologiyu. Razvitiye i transformatsii prostranstvennykh tipov [Architectural typology. The most ancient and relevant archetypes of architectural space. Tectonics. The influence of materials on the architectural space. The influence of copyright concepts on typology. Development and transformation of spatial types]. Yekaterinburg, TATLIN Publ, 2015. 128 p.

4. *Vseobshchaya istoriya arkhitektury* [General History of Architecture], vol. 4. Moscow, Stroyizdat Publ, 1967, 693 p.

5. Savitsky Yu. Yu., *Vseobshchaya istoriya arkhitektury* [General History of Architecture], vol. 5. Moscow, Stroyizdat Publ, 1967, 693 p.

6. Novozheev R.V. Peasant's yard in pre-Mongol Russia. Some aspects of the history of studying. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Bryansk State University], 2011, no 2. Available at: <http://cyberleninka.ru> (accessed: 05 November 2016). (in Russian)

7. Choisy O. *Istoriya Arkhitektury* [History of Architecture], vol 2. Moscow, 1935. 706 p.

8. Architects of the Renaissance. Sansovino (Tatti), Jacopo. Jacopo Sansovino. Available at: http://famous.totalarch.com/jacopo_sansovino (accessed 15 June 2017).

9. The Church-Pantheon. Available at: http://en.fundacionmedinaceli.org/monumentos/hospital/descubra_apuntes.aspx (accessed 20 June 2017)

10. Borisova A. E. *Russkaya arkhitektura vtoroy poloviny XIX veka* [Russian architecture of the second half of the XIX century]. Moscow, Nauka, 1979. Available at: <http://arx.novosibdom.ru/node/1686> (accessed 06 March 2017).

Об авторах:

МЕДВЕДЕВА Наталия Юрьевна

ассистент кафедры архитектурно-строительной графики и изобразительного искусства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: g_n_y@bk.ru

ПАРШИН Алексей Николаевич

кандидат технических наук, доцент кафедры архитектурно-строительной графики и изобразительного искусства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

11. Afanasyev A.A. *Rekonstruktsiya zhilykh zdaniy. Chast' I, Tekhnologii vosstanovleniya ekspluatatsionnoy nadezhnosti zhilykh zdaniy* [Reconstruction of residential buildings. Part I. Technologies for the restoration of the operational reliability of residential buildings]. Moscow, 2008. Available at: <http://www.complexdoc.ru/1686> (accessed 05 December 2017)

12. A general overview of the concepts of a modern city. Available at: http://ecodelo.org/9011-1_1_obshchii_obzor_kontseptsii_sovremennogo_goroda-1_sovremennoe_sostoyanie_problem_ekologizats (accessed 25 April 2018).

13. *Urboekologiya i sotsial'no-ekologicheskiye problemy gorodov* [Urboecology and socio-environmental problems of cities]. Available at: <http://bookre.org/reader?file=569067> (accessed 20 June 2018).

14. Saxon R. *Atriumnyye zdaniya* [Atrium buildings]. New York, Van Nostrand Reinhold Company, 1983. 183 p. (Russ. Ed.: Rappoport A.G. Moscow, Stroyizdat Publ, 1987, 135 p.).

15. Kolesnikov S.A. *Arkhitekturnaya tipologiya vysokourbanizirovannykh mnogofunktional'nykh uzlov gorodskoy struktury krupneyshego goroda* [Architectural typology of highly urbanized multifunctional nodes of the urban structure of the largest city]. Diss. Cand. Arch.]. Samara, 2006, 180 p.

MEDVEDEVA Natalia Yu.

Assistant of the Architectural and Construction Graphics and Fine Arts Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: g_n_y@bk.ru

PARSHIN Alexey N.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of Architectural and Construction Graphics and Fine Arts Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244

Для цитирования: Медведева Н.Ю., Паршин А.Н. Этапы формирования атриумных пространств в аспекте устойчивого развития городской среды // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 148–156. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.19.

For citation: Medvedeva N.Yu., Parshin A.N. Stages of formation of atrium spaces in the aspect of sustainable development of the city environment. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 148–156. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.19.

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ



УДК 711.432

DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.20

Н. С. АСТАФЬЕВА
И. В. ЛАГУТА
Е. Е. КУКАРИНА
Н. Ю. МОЛЕВА

ПРОБЛЕМЫ РОСТА И РАЗВИТИЯ МИРОВЫХ И РОССИЙСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

PROBLEMS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF WORLD AND RUSSIAN
AGGLOMERATION

Рассматривается понятие агломерации, исторические и другие предпосылки для ее формирования, структура и динамика развития современного города. Выявляются достоинства и недостатки проживания людей в урбанистических структурах. Проводится сопоставление наиболее крупных мировых агломераций (Москвы, Парижа, Лондона, Нью-Йорка и Токио) с целью выявления общих черт. Выделяются основные особенности российских агломераций, показаны их отличия от мировых, обозначены факторы, способствовавшие формированию отечественных урбанизированных городов. Рассматриваются проблемы современного мегаполиса, их последствия и влияние на образ жизни населения.

Ключевые слова: город, агломерация, урбанизация, конурбация, мегаполисы, исторические центры

The concept of agglomeration, historical and other prerequisites for its formation, the structure and dynamics of the development of a modern city are considered. The advantages and disadvantages of people living in urban structures are revealed. A comparison is made of the largest world agglomerations (Moscow, Paris, London, New York and Tokyo) in order to identify common features. The main features of Russian agglomerations are highlighted, their differences from world ones are shown, factors that contributed to the formation of domestic urbanized cities are indicated. The problems of the modern metropolis, their consequences and impact on the lifestyle of the population are considered.

Keywords: city, agglomeration, urbanization, conurbation, metropolitan areas, historical centers

Всё в мире изменяется. Непрерывно на Земле происходит увеличение численности населения (в настоящее время численность населения составляет более 7 млрд. человек). По оценкам специалистов, в скором времени она составит не менее 11–13 млрд. человек. Помимо изменения численности населения происходят кардинальные перемены в образе жизни людей. Если в XIX в. городское население составляло около 3 % от общего населения, то сегодня эта цифра приближается к 60 %. Промышленный рост породил на свет новую урбанистическую систему – большой город, который во многом и сформировал будущее человечества. Промышленный переворот

в своё время изменил структуру крупных городов, то же явление происходит и сегодня, в постиндустриальную эпоху с преобладающим сектором сферы услуг.

Урбанизация (от латинского *urbs* – город) – исторический процесс возникновения, роста численности населения и городов. Урбанизация заключается в присвоении городу главенствующей роли, повсеместном распространении городского образа жизни как основного.

В результате слияния крупных населенных пунктов в единую структуру образуется агломерация.

Предмет исследования: мировые и российские агломерации.

Объект исследования: структура и динамика развития агломераций.

Цель: выявить основные плюсы и минусы современных агломераций, проблемы и перспективы их развития.

Задачи:

1. Выявить структуру среднестатистической агломерации.

2. Найти основные отличия российских агломераций от мировых.

3. Обозначить главные плюсы и минусы урбанистической структуры.

4. Сделать выводы.

Городская агломерация в классическом понимании – это группа расположенных в непосредственной близости городов, поселений, между которыми устанавливаются тесные трудовые и производственные связи. Главенствующее значение среди этих связей имеют «маятниковые» (городское население перемещается в пригород, а жители пригородных территорий – наоборот в центр). Таким образом, основная часть жителей центра оказывается сосредоточена в пригороде, а вновь прибывающие – в центре. Разделение частей агломераций между собой осуществляется за счет обязательных «зеленых» зон между ними – парков, пригородных лесов.

Типы агломераций: моноцентрические – образуются вокруг города-центра (например, Московская, Санкт-Петербургская), полицентрические или конурбации – включают в себя несколько взаимосвязанных крупных городов (Уральская, Кузбасская и т. д.).

Агломерацию, т. е. ту или иную форму совместной активности крупного города и его разнокалиберных соседей, принято отличать от конурбации, т. е. устойчивой формы кооперирования между соразмерными городскими центрами [1].

Сегодня агломерации принимают вид мегаполисов – сверхгигантских образований, которые впервые появились на северо-востоке США. Наличие небоскребов отличает любой современный город, а умение их возводить говорит о высоком развитии строительных технологий, интеллектуальных возможностях проектировщиков, готовности соответствующей материально-технической базы [2].

Необходимо отметить, что рост агломераций происходит лавинообразно. Это обусловлено прежде всего количеством ежедневно прибывающих на постоянное место жительства в крупный город людей. И количество их с каждым годом только растет, так как инфраструктура более мелких поселений значительно уступает столичным. Рассмотрим крупнейшие мировые мегаполисы и количество агломераций

в них: Босваш (Бостон – Вашингтон) – 40, Чипиттс (Чикаго – Питтсбург) – 35, Сан-Сан (Сан-Диего – Сан-Франциско) – 15, Токайдо (Токио – Осака) – 20, Английский (Лондон – Ливерпуль) – 30, Рейнский (Рандштадт – Рейн-Рур – Рейн-Майн) – 30.

Территория агломерации разделена на функциональные зоны, которые являются общими для всех подобных пространственных структур. Несмотря на существенные различия между мировыми агломерациями в каждой из них можно выделить (движение по мере расширения от центра к периферии): историческое ядро города, центральная зона, собственно город, «большой город», агломерация, столичный регион [3].

Рассмотрим агломерационные зоны на примере Москвы, Парижа, Лондона, Нью-Йорка и Токио.

Историческое ядро. Это маленькая по площади территория, в которой сконцентрированы памятники архитектуры, центры культуры, просвещения, а также главные административные учреждения. Именно эта часть является визитной карточкой агломерации, основным туристическим маршрутом, поэтому все старинные здания этой части в обязательном порядке реставрируются, сохраняя исторический самобытный облик города [4]. В Москве это центральный район в пределах Садового кольца (здесь сосредоточено примерно 0,2 млн горожан); в Санкт-Петербурге – центр в границах вокзалов и главных станций метро (проживает около 0,6 млн человек); в Париже – овал от Нотр-Дам-де-Пари до площади Шарля де Голля (0,6 млн чел.); в Лондоне – Сити Вестминстер – Вест-Энд (проживает 0,2 млн чел.); в Нью-Йорке – южная часть Нью-Йорка – остров Манхэттен (0,5 млн чел.); Токио – Тиёда, Тюо, Минато вокруг дворца (0,3 млн чел.).

Особенностями столичных исторических центров являются:

1. Плотная застройка, радиально-кольцевая или близкая к ней планировка, численное превосходство правительственных и административных зданий по сравнению с жилыми.

2. Уменьшение численности постоянного городского населения исторических центров.

3. Численность дневного населения исторического центра значительно превышает ночное.

Центральная зона города. Эта зона содержит в себе кроме исторической и административной частей примыкающую к ним довольно плотно застроенную территорию, которая была сформирована в большинстве европейских крупных городов еще до XIX в. (ранее чем наступила железнодорожная эпоха), в дальнейшем

центральная часть была окружена железной дорогой, вокзалами, промышленными объектами, складами, производствами. Вследствие роста и расширения границ города эта его часть подвергается перестройке, перепланировке, сама становится центром. В зависимости от преобладающей сферы занятости населения (промышленность, торговля, услуги) в центральной зоне города размещаются соответствующие учреждения. По аналогии с историческим ядром в центральной части города наблюдается снижение ночной численности горожан по сравнению с дневной, а также общее уменьшение количества постоянно проживающих людей.

Москва: центральная зона в пределах окружной железной дороги; Санкт-Петербург: территория между Невой и Обводным каналом, Васильевский остров; Париж: Департамент в окружении старых крепостных стен; Лондон: графство и 12 округов внутреннего кольца; Нью-Йорк: графство Нью-Йорк, Манхэттен; Токио: Сибуя, Бунке, Синдзюку, Дайто.

Внешняя зона. По административному делению данная часть включена в город. Имеются четкие границы (как правило, крупные магистрали), отделяющие внешнюю зону города от прилегающих территорий. К примеру, в Москве такой границей является МКАД. Основная часть населения сосредоточена именно на окраинах города, где ведется активная застройка. Постепенно, по мере дальнейшего расширения агломерации, здесь также наблюдается снижение постоянно проживающих на территории граждан – они приобретают жилье за городом.

Пригородная зона. Неотъемлемая часть любой агломерации. Как правило, в нее входят лесопарковые зоны, назначение которых – разделительная функция пространственной структуры города. В Москве пригородная зона четко дифференцируется на «зеленый» защитный пояс, относящийся к центру Московской области, и внешний пояс пригорода.

Если обозначить ядро агломерации, его урбанизированную центральную часть с первым поясом пригородной зоны как «большой город», то в рассматриваемых в данном исследовании столичных регионах можно выделить: Петербург с подчиненными поселениями; Парижскую агломерацию в широких пределах; Лондон с поясом метрополитена; Нью-Йорк – урбанизированную зону; Токио – большой Токио, ареал Тема с островами.

Таким образом, агломерация представляет собой многослойную зонированную структуру, расширяющуюся по мере разрастания города и увеличения его численности. Четко выделяются историческое ядро, прилегающая к нему центральная застроенная территория, пери-

ферии с наибольшей плотностью населения, первый защитный пояс лесопарковой зоны, пригород, далее более мелкие поселения, которые входят в агломерацию. Важно отметить, что граничные города, входящие в агломерацию, не поглощаются «большим городом», они несут свою функцию, поддерживая транспортные, трудовые связи с центром.

Рассмотрев крупнейшие европейские агломерации, можно выделить ряд их общих черт. Во всех агломерациях наблюдается последовательное смещение населения от внутренних колец города к внешним, сильно развиты маятниковые миграции, т. е. жители центра постепенно переселяются в пригородную часть, а люди, проживающие в периферийной части, постоянно перемещаются в центр. Как правило, это связано с тем, что в центре располагаются места работы. Маятниковые миграции имеют максимальную интенсивность в центре агломерации и постепенно затухают по мере движения к периферии.

В историческом центре проводятся ограничительные градостроительные мероприятия, в то время как города-спутники напротив активно застраиваются, в них развивается инфраструктура, а также тесная транспортная связь с центром столичного региона.

Закономерностью всех мировых столиц является сохранение в исторически первоначальном виде зданий центральной части, поиск новых территорий для строительства крупнейших деловых центров: Москва-Сити, Дефанс в Париже, Докленд в Лондоне, Рокфеллер-центр в Нью-Йорке [5]. В связи с тем, что современные бизнес-центры являются интересными с архитектурной точки зрения, они становятся новой визитной карточкой агломерации, ядром инноваций и технологий. Иными словами, получается, что территориально не входя в центральную часть, такие зоны становятся центром притяжения туристов, а также привлекательными для заселения современными кварталами.

Невозможно развитие столичного региона без тесной связи с прилегающими территориями, пригородной зоной, парками, аэропортами. Этот процесс активно идет в Москве, здесь происходит образование многочисленных агломераций второго порядка. Важно обеспечение надежного и быстрого транспортного сообщения между аэропортами и метро, а также экспресс-способов доставки людей и грузов до аэропортов. В Москве, например, существуют скоростные поезда Аэроэкспресс от Киевского вокзала до Внуково.

Мировой опыт столичных агломераций показывает, что в крупнейших городах наблю-

дается смена функциональных структур трудоустройства населения: сокращение числа задействованных в промышленности и увеличение доли занятости в секторе услуг [6].

Важнейшим фактором развития столичного города и пополнения государственной казны является туризм. Это одна из самых высокодоходных отраслей, следующая после нефтяной. По оценкам специалистов более 400 млн человек ежегодно задействованы в международном туризме, а также в путешествиях в пределах своей страны. Улучшение межкультурной коммуникации, укрепление дружеских взаимоотношений между народами, а также стимулятор развития города – все это дает туристическая отрасль.

Кроме того, во всех столичных агломерациях туризм – это не только один из способов пополнения бюджета, но и сфера трудоустройства для большого количества людей. Москва не является исключением. Для нее разработан Генплан по улучшению развития города как столичного региона, делового и культурного центра международного значения. Особо подчеркивается, что для увеличения посещающих Москву потока туристов до 20 млн человек в год (на сегодняшний день эта цифра составляет приблизительно 2 млн человек) необходимо развитие всех областей туризма – классических и новых. Помимо реконструкции исторических памятников архитектуры, улучшения инфраструктуры, нужно осуществлять строительство новых объектов религиозного, культурного и делового назначения. В связи с постоянным ростом и развитием гостиничной сети занятость в этой сфере, по недавним оценкам, составит до 300 тыс. человек.

Генплан по развитию Москвы решает три основные задачи: сохранение исторической (радиально-кольцевой) планировки города, придание значения памятника архитектуры государственного значения территории Камер-Коллежского вала, введение режимов использования и строительства для районов города, максимально сохранивших историческую застройку, ограничения на строительство в историческом центре города, особенно для объектов, которые в перспективе могут изменить облик столицы, а также среду и ритм жизни в этом районе.

Мероприятия по формированию Москвы в роли культурного и делового международного центра с сохранением исторического облика и в то же время застройкой новыми объектами досугового и просветительского значения являются неотъемлемой частью развития сфер культуры, искусства, международного взаимодействия. Объем учреждения

культуры планируется увеличить более чем до 6 млн. м² суммарной площади. Планируется провести застройку новыми объектами (концертные залы, клубы, театры, библиотеки, галереи, музеи, развлекательные центры и парки) районов с максимальным дневным скоплением людей.

Также осуществляется создание крупной рекреационной зоны «Золотое кольцо Москвы». Данный проект является значительно инвестиционным, поскольку предполагает формирование в центральной исторической части города единой зоны, включающей в себя Кремль, Китай-город, группу площадей (Красную, Боровицкую, Лубянскую и т. д.), северное Замоскворечье до территорий слобод, храм Христа Спасителя. Здесь проводится масштабная реконструкция и реставрация исторических памятников архитектуры и искусства, создание новых мест досугового характера (например, парк Зарядье). Единая зона может быть образована в этой части только в случае создания объединенной пешеходной зоны для свободного перемещения туристов. Следовательно, необходимо осуществить строительство новых подземных переходов (где это необходимо), смотровых площадок для обозрения панорам города, провести благоустройство территории.

Перейдем к рассмотрению особенностей формирования всех российских агломераций [7]. Появление крупных урбанистических структур в нашей стране, как и во всем мире, началось в XIX в. и связано в первую очередь с расцветом промышленности, строительством железных дорог и становлением капиталистических отношений. Для России городские агломерации – одна из важнейших форм территориальной организации экономики. В отличие от ряда зарубежных стран, в Российской Федерации официальный статистический учет агломераций (Росстатом) не ведется. На сегодняшний день в Российской Федерации естественно сложилось 50 городских агломераций. Из них 43, или 80 %, расположены в европейской части страны. Крупнейшие из них: Московская, Санкт-Петербургская (Санкт-Петербург единственный из российских центров начал свое существование с одновременным созданием в своем окружении поселений-спутников: резиденций правителей, крепостей, промышленных центров, портов), Самарско-Тольяттинская, Новосибирская, Нижегородская, Волгоградская, Ростовская, Екатеринбургская и др.

В перспективе планируется создание большего числа агломераций (рис. 1).

Особенности урбанизации в России связаны со слабым рынком земли и недвижимости, большой протяженностью страны с запада на

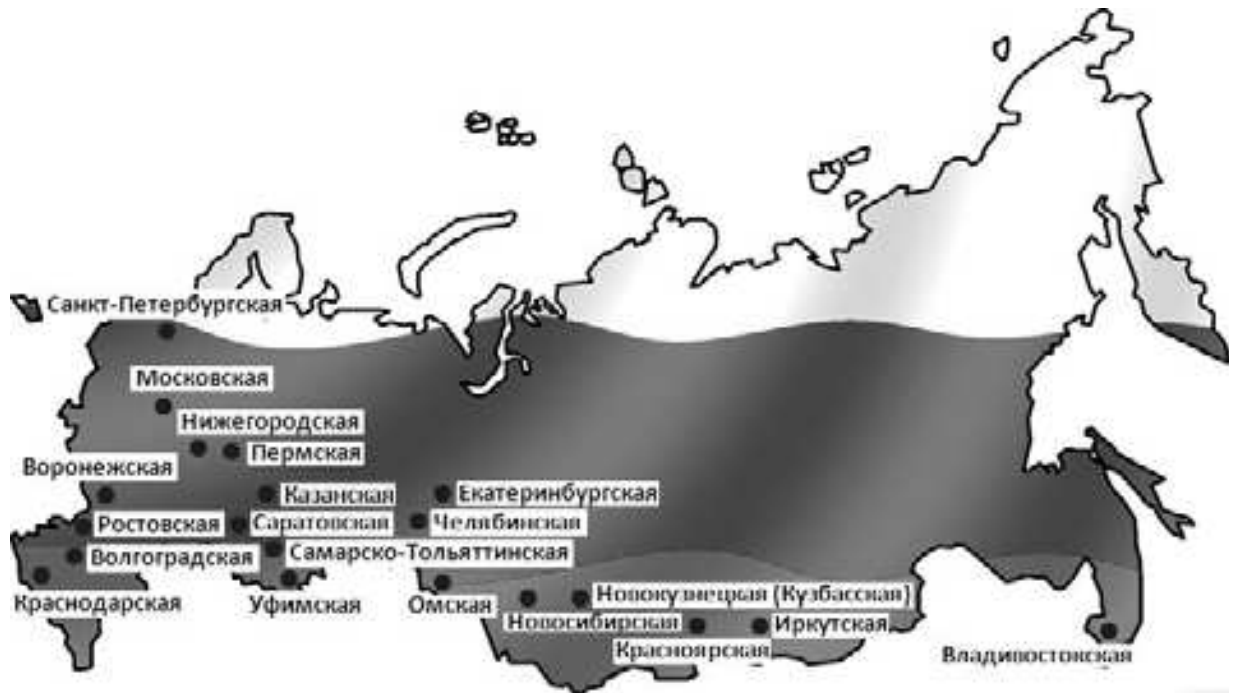


Рис. 1. План развития российских агломераций

восток, неравномерностью расселения и вместе с тем централизованным планированием. Большим потрясением стал переход к рыночным отношениям. Ведь большинство крупных российских городов были спроектированы и построены как центры промышленности. Основная часть населения была трудоустроена на заводах. Вследствие перехода к рыночным отношениям произошел рост безработицы, а следовательно, концентрация социальных проблем и бедность в крупных городах. Как и полагается в любом постиндустриальном обществе, преобладающей сферой занятости населения становится сфера услуг. Социально-экономическое положение города и его место в иерархии городских поселений все более зависит не от численности населения, а от того набора и качества товаров и услуг, которые он может предложить на рынках различного уровня – от глобального до локального. В нашей стране этот процесс происходит значительно быстрыми темпами.

Структурной особенностью агломераций в России является их моноцентрический тип: в центре находится одна столица, которая окружена городами-спутниками. В развитии отечественных городов большое значение имеют маятниковые миграции: жители пригородной зоны, как правило, работают в центре, а горожане напротив приобретают дачные участки и недвижимость за городом. В отличие от стран Европы, где жилье за городом является основным местом жи-

тельства, а городские квартиры продаются, в России часто коттедж – это лишь летний вариант дома, а квартиры в городе сохраняются.

Развитие агломерационных процессов в Российской Федерации происходит в различных направлениях [8]. Наиболее динамичный рост наблюдается в европейской части страны, в то время как в Сибири и на Дальнем Востоке интенсивность данных процессов пока невелика. Это связано с огромными масштабами пространств и малой плотностью населения. Таким образом, все агломерации России концентрируются в одном районе страны, а в других регионах отсутствуют совсем [9].

Рассмотрим основные **плюсы** формирования агломераций:

1. Повышение концентрации научного, экономического и культурного потенциала, современные административный, деловой и медицинский центры.
2. Высокий уровень жизни.
3. Развитые инфраструктура и транспортная система.
4. Огромный выбор товаров и услуг, низкий уровень безработицы.
5. Максимальная рациональность использования экономико-географического потенциала и ресурсов территории.

Минусы агломераций:

1. Загрязнение воздуха и воды, обострение экологических проблем.

2. Несоразмерный рост столиц ряда государств.
3. Концентрация населения – повышенная опасность террористических угроз.
4. Обострение социальных и экономических противоречий.
5. Рост уровня преступности.
6. Стрессы.

Выводы. 1. Классическая структура агломерации включает в себя: историческое ядро, центральную зону города, пригородную зону, которая вместе с городами-спутниками и формирует агломерацию.

2. Основные отличия российских агломераций от мировых заключаются в отсутствии законодательной базы, трудностях трансформации городов промышленного типа в агломерации с преобладающей сферой услуг (80 % занятости населения), депопуляции, одновременности процессов субурбанизации и джентрификации, концентрации агломераций преимущественно в европейской части страны.

3. Плюсы урбанистической структуры города (высокий уровень жизни, концентрация научного и экономического потенциала, низкий уровень безработицы) компенсируются минусами экологического загрязнения, повышенной опасностью террористических угроз, а также существованием людей в условиях постоянного стресса – высокий темп жизни, слишком большие расстояния между работой и домом, велика транспортная усталость, шум, пробки, страх попасть в аварийную ситуацию, очереди, рост уровня преступности.

4. В современном мире агломерация как территориальное распределение населения занимает главенствующую роль и содержит в себе все ключевые составляющие жизнедеятельности человека. На примере европейских стран, первыми применивших агломерационные пути развития, было доказано, что городские агломерации являются наиболее рациональными формами организации территорий. Результатом создания таких форм служит формирование целостного социально-экономического и инвестиционного пространства, объединенного унитарным социальным, транспортным и инженерным обслуживанием.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глазычев В.Л. Город без границ. М.: Изд. «Территория будущего», 2011. 400 с.
2. Астафьева Н.С., Канищева Е.С., Никонова И.О. Перспективы строительства и эксплуатации небоскребов в 21 веке // Региональное развитие. 2015. № 1–5. С.7–15.
3. Национальный доклад: Развитие городов: лучшие практики и современные тенденции. М.: Типо-

графия КЕМ, 2011 [Электронный ресурс] URL: <http://www.docme.ru/doc/32263> (дата обращения: 07.06.2019).

4. Астафьева Н.С., Лагута И.В., Кукарина Е.Е. Реконструкция и восстановление зданий и сооружений исторических центров городов и населенных мест // Региональное развитие: электронный научно-практический журнал. 2018. № 2(26) [Электронный ресурс] URL: <https://regrazvitie.ru/rekonstruktsiya-i-vosstanovlenie-zdanij-i-sooruzhenij-istoricheskikh-sentrov-gorodov-i-naselennykh-mest/> (дата обращения: 22.06.2019).

5. Первый глобальный рэнкинг агломераций [Электронный ресурс] URL: <https://www.pwc.ru/ru/assets/agglomerations-rus.pdf> (дата обращения: 22.06.2019).

6. Ёлишина А.А. Городские агломерации: теоретические проблемы и анализ зарубежного опыта // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 7. Ч.3 [Электронный ресурс] URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/07/56419> (дата обращения: 07.06.2019).

7. Сайт Агентства политических новостей. Проект «20 агломераций»: шанс для провинциальной России? [Электронный ресурс] URL: <https://www.apn.ru/index.php?newsid=23519> (дата обращения: 22.06.2019).

8. Аналитическая записка. Новые тенденции в управлении развитием городских агломераций в России. / Р.А. Попов [Электронный ресурс] URL: http://www.urbanecconomics.ru/sites/default/files/new_city_aglom_iue.pdf (дата обращения: 22.06.2019).

9. Ахтариева Л.Г., Харичкова Л.И. Современные тенденции в развитии мегаполисов России // Фундаментальные исследования. 2016. № 7–1. С. 56–60.

REFERENCES

1. Glazychev V.L. *Gorod bez granits* [City without borders]. Moscow: Territoriya budushchego Publ., 2011. 400p.
2. Astaf'eva N.S., Kanishcheva E.S., Nikonova I.O. Prospects of construction and operation of skyscrapers in the 21st century. *Regional'noe razvitie* [Regional development], 2015, no 1-5, pp.7-15. (in Russian)
3. *Nacional'nyj doklad: Razvitie gorodov: luchshie praktiki i sovremennye tendencii* [National report: urban Development: best practices and current trends]. Moscow: Typography KEM Publ., 2011. Available at: <http://www.docme.ru/doc/32263> (accessed 07 June 2018).
4. Astaf'eva N.S., Laguta I.V., Kukarina E.E. Reconstruction and restoration of buildings and structures of historical centers cities and settlements. *Regional'noe razvitie* [Regional development], 2018, no. 2(26). Available at: <https://regrazvitie.ru/rekonstruktsiya-i-vosstanovlenie-zdanij-i-sooruzhenij-istoricheskikh-sentrov-gorodov-i-naselennykh-mest/> (accessed: 22 June 2018).
5. *Pervyj global'nyj renking aglomeracij* [The first global ranking of agglomerations]. Available at: <https://www.pwc.ru/ru/assets/agglomerations-rus.pdf> (дата обращения: 22.06.2019).

www.pwc.ru/ru/assets/agglomerations-rus.pdf (accessed: 22 June 2018).

6. Yolshina A.A. Urban agglomerations: theoretical problems and analysis of foreign experience. Urban agglomerations: theoretical problems and analysis of foreign experience. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii* [Modern scientific research and innovations], 2015, vol. 3, i. 7. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2015/07/56419> (accessed: 07 June 2018).

7. *Sajt Agentstva politicheskikh novostej. Proekt «20 aglomeracij»: shans dlya provincial'noj Rossii?* [The website of the Agency of political news. 20 agglomerations project: a chance for provincial Russia?]. Available at: <https://www.apn.ru/index.php?newsid=23519> (accessed: 22 June 2018).

8. *Analiticheskaya zapiska. Novye tendencii v upravlenii razvitiem gorodskih aglomeracij v Rossii* [Analytical note. New trends in the management of urban agglomerations in Russia]. Available at: http://www.urbanecomomics.ru/sites/default/files/a_new_city_aglom_iue.pdf (accessed: 22 June 2018).

9. Akhtarjeva L.G., KHarichkova L.I. Modern trends in the development of Russian megacities. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], 2016, no. 7-1, pp. 56-60. (in Russian)

Об авторах:

АСТАФЬЕВА Нонна Сергеевна

доцент кафедры технологии и организации строительного производства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: nonnaast@yandex.ru

ЛАГУТА Ирина Владимировна

старший преподаватель кафедры технологии и организации строительного производства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: ilaguta2013@yandex.ru

КУКАРИНА Елена Евгеньевна

ассистент кафедры технологии и организации строительного производства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: elena21674138@yandex.ru

МОЛЕВА Наталия Юрьевна

студентка факультета промышленного и гражданского строительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: moleva.nat@yandex.ru

ASTAFIEVA Nonna S.

Associate Professor of the Technology and Organization of the Construction Production Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: nonnaast@yandex.ru

LAGUTA Irina V.

Senior Lecturer of the Technology and Organization of the Construction Production Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: ilaguta2013@yandex.ru

KUKARINA Elena E.

Assistant of the Technology and Organization of the Construction Production Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: elena21674138@yandex.ru

MOLEVA Natalia Yu.

Student of the Faculty of Industrial and Civil Engineering Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: moleva.nat@yandex.ru

Для цитирования: Астафьева Н.С., Лагута И.В., Кукарина Е.Е., Молева Н.Ю. Проблемы роста и развития мировых и российских агломераций // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 157–163. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.20.

For citation: Astafeva N.S., Laguta I.V., Kukarina E.E., Moleva N.Yu. Problems of growth and development of world and Russian agglomeration. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 157–163. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.20.



УДК 533.6.011

DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.21

О. А. БАЛАНДИНА
С. М. ПУРИНГ
Д. И. ПАЩЕНКО

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ИЗМЕНЕНИЯ ЭНЕРГИИ ГИББСА ПРИ ОБРАЗОВАНИИ ОКСИДОВ АЗОТА В ДЫМОВЫХ ГАЗАХ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF AIR TEMPERATURE ON CHANGES
IN GIBBS ENERGY IN THE FORMATION OF NITROGEN OXIDES
IN SMOKE GASES OF BOILER PLANTS

Рассмотрены механизмы возникновения оксидов азота в газовых выбросах котельных установок. С помощью термодинамических расчетов были определены вероятность и направление процесса образования оксидов азота в диапазоне температур от 25 до 2000 °С. Методами геометрической термодинамики показаны изменения энергии Гиббса реакций образования оксидов азота от температуры, определены условия достижения состояния их химического равновесия. Анализ результатов показал, что стандартные изменения свободных энергий (энергий Гиббса) реакций образования оксидов азота при сжигании газового топлива в основном имеют отрицательные значения.

The article discusses the mechanisms of the occurrence of nitrogen oxides in the gas emissions of boiler plants. Using thermodynamic calculations, the probability and direction of the process of the formation of nitrogen oxides in the temperature range from 25 to 2000 °C were determined. The geometric thermodynamics methods show changes in the Gibbs energy of reactions of the formation of nitrogen oxides from temperature, and determine the conditions for achieving their chemical equilibrium. An analysis of the results showed that the standard changes in the free energies (Gibbs energies) of the reactions of the formation of nitrogen oxides during the combustion of gas fuels are mostly negative

Ключевые слова: термодинамический расчет, оксиды азота, котельная, изменение энергии Гиббса, катализатор

Keywords: thermodynamic calculation, nitrogen oxides, boiler room, Gibbs energy change, catalyst

В процессе горения природного газа возможно выделение таких газообразных токсических компонентов, как оксиды азота. Образующиеся оксиды азота являются наиболее распространёнными загрязнителями атмосферного воздуха. Данные соединения высокотоксичны и оказывают активное влияние на формирование опасных атмосферных процессов [1]. Оксиды азота считаются одной из причин обра-

зования смога и кислотных дождей. Повышенные концентрации вещества оказывают вредное воздействие на здоровье человека, в частности, раздражают слизистые оболочки дыхательных путей и глаз. В соответствии с гигиеническими нормативами [2] предельно допустимая концентрация (ПДК) оксидов азота (в пересчете на NO_2) в атмосферном воздухе городских и сельских поселений составляет 0,2 мг/м³.

Согласно докладу Правительства Самарской области «Об экологической ситуации в Самарской области за 2018 год» состояние загрязнения атмосферы г.о. Самара характеризуется как «повышенное». Значительный вклад в уровень загрязнения воздушной среды городов Самарской области вносят диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, ЛОС и углеводороды [3].

В таблице отображены показатели выбросов от стационарных источников по видам загрязняющих веществ [3].

По данным таблицы можно сделать вывод, что по таким загрязняющим веществам, как оксиды углерода и азота основной объем загрязняющих веществ, отходящих от всех стационарных источников выделения, выбрасывается в атмосферу без очистки. Следовательно, решение задач в области разработки и применения методов

очистки газовых выбросов от газообразных веществ на данный момент достаточно актуально.

Максимальные локальные температуры в топочных камерах котлов достигают значений $2000 \div 2200$ К [4, с. 92]. При таких температурах реакция синтеза оксида азота из азота и кислорода проходит крайне активно [4].

Термическая схема, разработанная Я.Б. Зельдовичем [5], определяет выход оксидов азота реакцией между атомом кислорода и молекулой азота. В процессе горения окисление атмосферного азота свободным кислородом описывается реакцией:



На уровень образования термических оксидов азота существенное влияние оказывает температура процесса, так как диссоциация

Выбросы от стационарных источников по видам загрязняющих веществ, тыс. т

Показатель	Количество загрязняющих веществ, отходящих от всех стационарных источников выделения	В том числе выбрасывается без очистки		Из них уловлено и обезврежено		Всего выброшено в атмосферу загрязняющих веществ		Всего выброшено в атмосферу загрязняющих веществ в % к предыдущему году	Уловлено в % к количеству загрязняющих веществ	Утилизировано загрязняющих веществ в % к уловленным
		Всего	В том числе от организованных источников	Всего	Из них утилизировано	За отчетный год	За предыдущий год			
Газообразные и жидкие загрязняющие вещества, в том числе:	385,5	186,15	134,2	198,0	149,3	187,5	237,8	78,8	51,4	75,4
Диоксид серы	19,87	19,36	19,23	0,43	0,08	19,44	25,98	74,8	2,2	17,3
Оксид углерода	50,14	48,27	45,56	1,85	0,005	48,3	73,91	65,3	3,7	0,3
Оксид азота (в пересчете на NO ₂)	19,69	12,96	11,93	6,4	0,36	13,29	27,47	48,4	32,5	5,6
Углеводороды (без ЛОС)	27,79	27,62	13,96	0,17	0,012	27,63	28,91	95,6	0,6	7,3
Летучие органические соединения	126,4	72,46	38,78	53,33	18,92	73,09	78,5	93,1	42,2	35,5
Прочие газообразные и жидкие вещества	141,6	5,49	4,71	135,8	129,9	5,77	3,05	189,2	95,9	95,6

молекулы O_2 имеет высокий энергетический барьер [4, с. 65–68].

Для сравнительной оценки направления химической реакции образования термических оксидов азота были выполнены расчеты изменения энергии Гиббса реакции (1).

Термодинамические расчеты реакции (1) показывают, что процесс образования термических оксидов азота не сопровождается выделением тепла; изменения свободных энергий имеют положительные значения, т. е. равновесие рассматриваемой реакции в диапазоне температур от 25 до 2000 °С будет смещено в левую сторону. Таким образом, по данным рис.1, 2 можно сделать вывод, что в рассматриваемом диапазоне

температур образование термических оксидов азота не будет наблюдаться. Если учесть, что термические NO образуются в основном в узком диапазоне температур $[T_{\max} \div (T_{\max}) - 60 \text{ K}]$ [4], то можно сделать вывод, что при образовании оксидов азота в топках котельных установок не достигаются равновесные концентрации и, следовательно, концентрация NO в дымовых газах зависит от кинетики химических реакций [6].

Согласно исследованиям, рассмотренным в работе [4, с. 75], время горения стехиометрической газозооной смеси составляет 10^{-4} с. Равновесные концентрации оксидов азота образуются за период времени, равный $10^{-2} \div 10^{-3}$ с. Такое быстрое образование оксидов азота объяс-

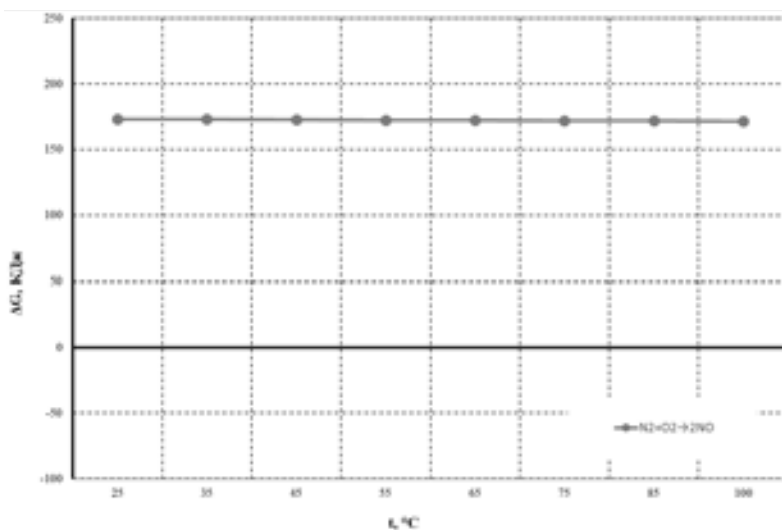


Рис. 1. Температурная зависимость изменения энергии Гиббса реакции образования термических оксидов азота для интервала температур 25÷100 °С

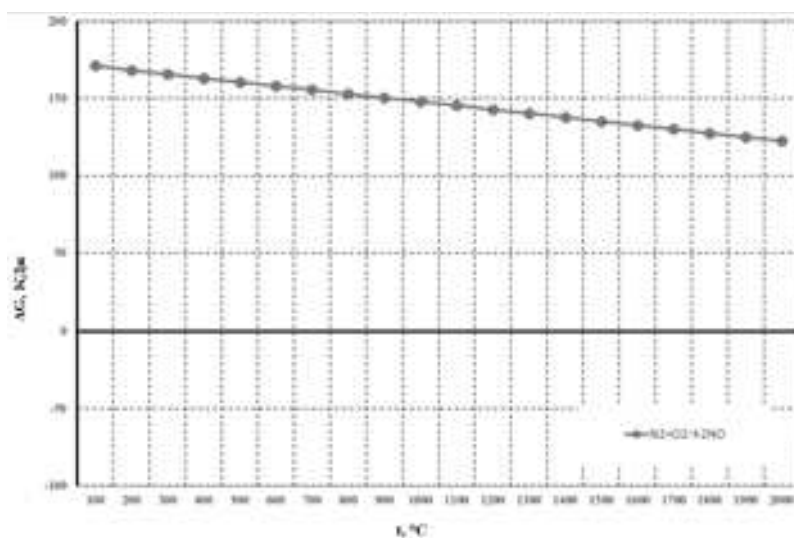
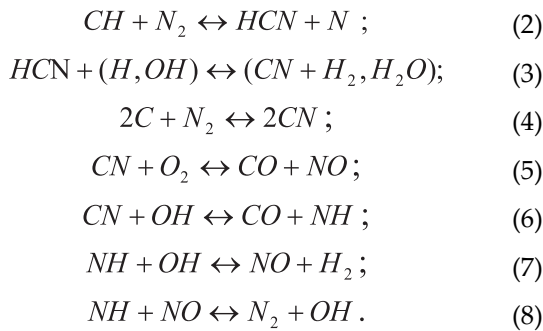


Рис. 2. Температурная зависимость изменения энергии Гиббса реакции образования термических оксидов азота для интервала температур 100÷2000 °С

няется связыванием молекул азота с радикалами CH и C_2 в реакциях с низким энергетическим барьером, происходящим по схеме [4, с. 77]:



Для сравнительной оценки направления химической реакции связывания молекул азота с радикалами CH и C_2 в реакциях с низким энергетическим барьером были выполнены расчеты изменения энергии Гиббса реакций (2)–(8) для следующих интервалов температур:

- характерных для процессов, протекающих в топочной камере и газовом тракте котельной (100÷2000 °С);
- характерных для процессов, протекающих после удаления дымовых газов в атмосферу (25÷100 °С).

По данным рис. 3 и 4 можно сделать вывод, что реакции связывания молекул азота с радика-

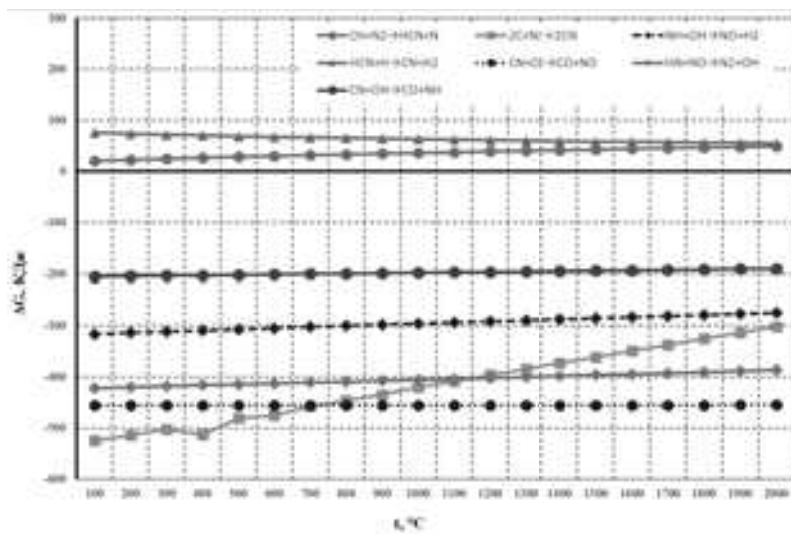


Рис. 3. Температурная зависимость изменения энергии Гиббса реакций (2)–(8) для интервала температур 100÷2000 °С

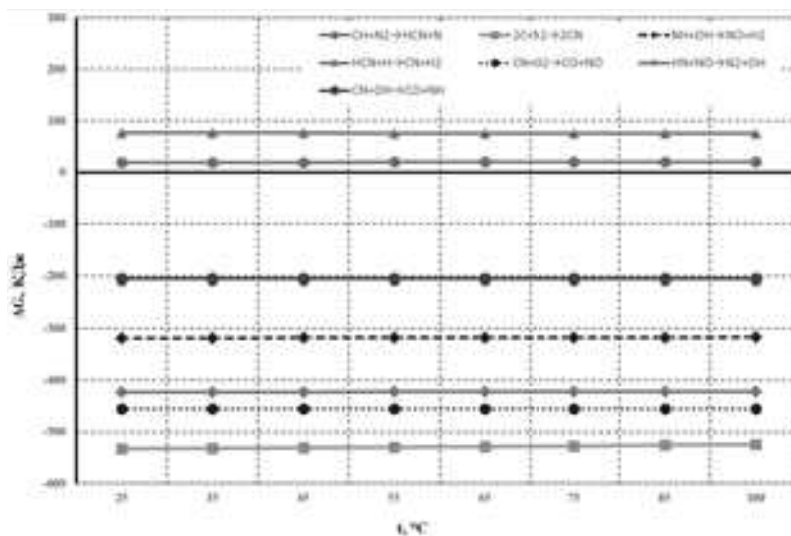
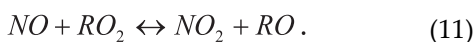
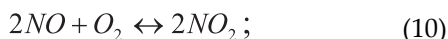
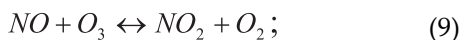


Рис. 4. Температурная зависимость изменения энергии Гиббса реакций (2)–(8) для интервала температур 25÷100 °С

лами CH и C_2 по формулам (2)–(3) в рассматриваемых диапазонах температур идут в обратном направлении, следовательно, в ходе данных реакций минимальна вероятность образования молекул циана. Экзотермические реакции (4)–(8) в рассматриваемом диапазоне температур имеют отрицательные значения энергии Гиббса, что свидетельствует о достаточно сильном смещении равновесия реакции в правую сторону.

После выхода из дымовой трубы в атмосферу большая часть NO переходит в NO_2 . Механизм окисления можно представить в виде следующих реакций [4]:



С помощью термодинамических расчетов реакций образования NO_2 можно определить вероятность и направление процесса. Возникновение оксидов азота останавливается при достижении определенного состояния химического равновесия. С практической точки зрения важно знать, насколько сдвинуто равновесие и при каких условиях, так как это позволяет определить максимально достижимый выход конечных продуктов. Для решения этой задачи необходимо найти параметры, от которых зависит изменение равновесия в необходимом направлении [7].

Для сравнительной оценки направления химической реакции окисления NO до NO_2 в настоящей работе был выполнен расчет изменения энергии Гиббса реакций (9)–(11) для интервала температур от 25 до 100 °С, с учетом снижения температуры уходящих газов в атмосферу (рис. 5).

Из графика следует вывод, что реакции (9), (10) являются преобладающими, так как идут при всех температурах исследуемого диапазона. Равновесие эндотермической реакции (11) в диапазоне рассматриваемых температур смещено в левую сторону, о чем свидетельствуют положительные значения величин изменения энергии Гиббса. Следовательно, данная реакция идет в обратном направлении.

Кроме вышерассмотренных «термического» и «быстрого» механизмов образования оксидов азота в зоне горения также известен «топливный» механизм, зависящий от содержания азота в топливе и избытка воздуха. Однако при факельном сжигании природного газа образование оксидов азота по последнему механизму не протекает [4].

Количество образующихся в процессе горения природного газа оксидов азота превышает предельно допустимые концентрации в атмосферном воздухе от 1000 до 20000 раз ($0,2 \div 1,5$ мг/м³) [4]. Одним из методов снижения концентрации вредных веществ в дымовых газах, способствующих восстановлению азота, является повышение эффективности горения в присутствии каталитического воздействия на продукты сгорания котельных установок.

Воздействие катализатора в процессе горения природного газа оказывает значительное влияние на распределение электронной плотности в молекуле реагента, улучшая условия протекания реакции.

К примеру, каталитическое дегидрирование алканов, приводящее к возникновению углеводородных радикалов – алкилов, протекает в процессе их нагревания с применением катализатора [8].

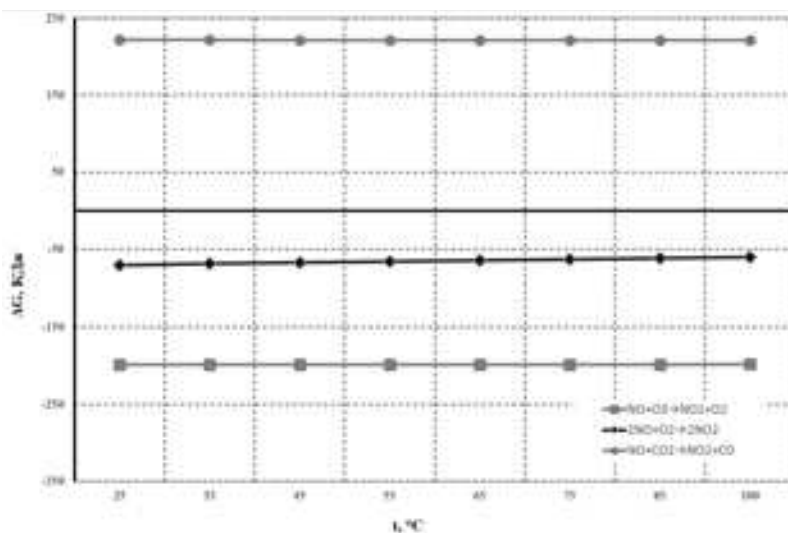
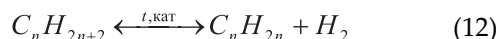
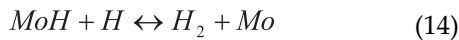
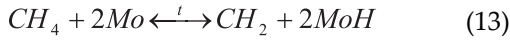
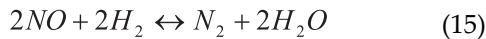


Рис. 5. Температурная зависимость изменения энергии Гиббса реакций (9) – (11)

При применении нитрида молибдена в качестве катализатора каталитический цикл реакции (12) представляет собой совокупность стадий разложения метана. Метан расщепляется на метилен и гидрид молибдена, который, в свою очередь, взаимодействует с органическими молекулами с освобождением металлического молибдена.



На катализаторе образовавшийся в результате реакции (14) водород может восстанавливать оксиды азота.



Предварительный термодинамический анализ химических схем превращения оксида азота для интервала температур от 500 до 800 К, проведенный Б.Ю. Смирновым, показал самую высокую предельную эффективность в реакциях с присутствием водорода [1].

Однако значения приближенной жаропродуктивности природного газа в сухом воздухе значительно превышают спектр температур ранее рассмотренных термодинамических исследований реакций превращения оксида азота. Приведенные на рис. 6 и 7 графики демонстрируют изменение свободной энергии Гиббса реакции (15) для интервалов температур 100÷2000 и 25÷100 °С соответственно.

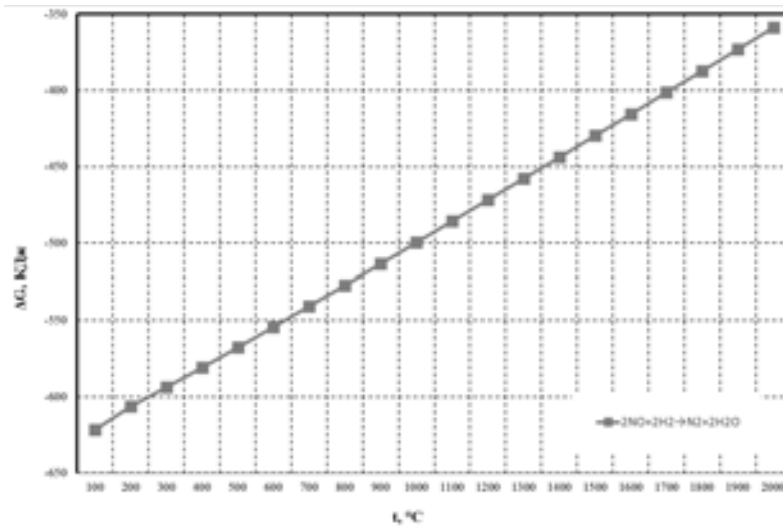


Рис. 6. Температурная зависимость изменения энергии Гиббса реакции (15) для интервала температур от 100 до 2000 °С

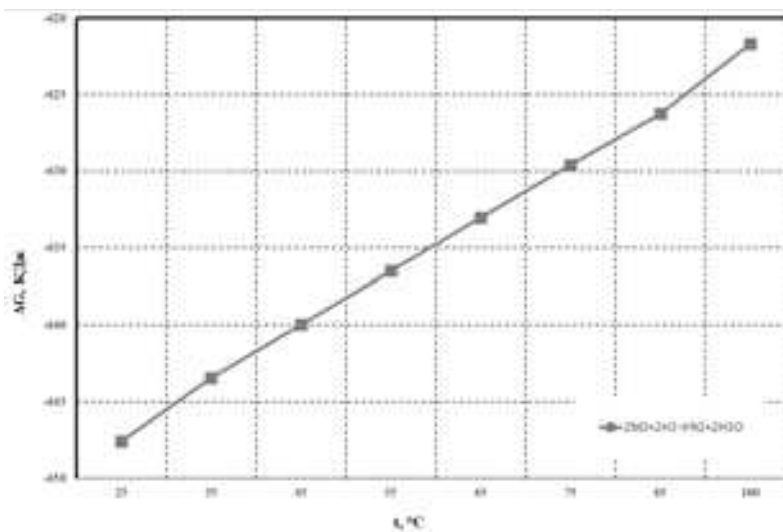


Рис. 7. Температурная зависимость изменения энергии Гиббса реакции (15) для интервала температур от 25 до 100 °С

Как видно из графиков, реакция восстановления оксида азота на катализаторе в присутствии водорода идёт при всех температурах исследуемых диапазонов.

Термодинамическими расчетами реакций, протекающих с образованием оксидов азота при сжигании газового топлива в топках котлов, показана возможность и направление процессов в диапазоне температур от 25 до 2000 °С. По данным графиков можно сделать вывод, что реакции не идут до полного исчезновения исходных веществ и останавливаются при достижении определенного состояния химического равновесия. С практической точки зрения важно знать, насколько сдвинуто равновесие и при каких условиях, так как это позволяет определить максимально достижимый выход конечных продуктов [6]. Для решения этой задачи необходимо найти параметры, от которых зависит изменение равновесия в необходимом направлении [6, 9]. Таким образом, на основании методов геометрической термодинамики показано, что равновесие реакций образования оксидов азота при сжигании газового топлива практически полностью смещено в правую сторону.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Смирнов Б.Ю. Термодинамический анализ восстановления оксидов азота в отходящих дымовых газах // Академический журнал Западной Сибири. 2015. Т.11, № 1(56). С. 122–123. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_23885243_64428689.pdf (дата обращения: 01.10.2019).
- Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 22.12.2017 № 165 «Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений» (с изменениями на 31 мая 2018 года)». М., 2018. 112 с.
- Доклад Правительства Самарской области «Об экологической ситуации в Самарской области за 2018 год». Самара, 2019. Вып. 29. 217 с.
- Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. Л.: Недра, 1988. Т. 310. 25 с.
- Зельдович Я.Б. Теория горения и детонации в газах. М.: Изд. АН СССР, 1944. 64 с.
- Котлер В.Р. Оксиды азота в дымовых газах котлов. М.: Энергоатомиздат, 1987. 144 с.
- Гринь Г.И., Кучер К.А., Созонтов В.Г., Казаков В.В. Термодинамические исследования процессов окисления оксида азота (IV) озоном и поглощения N₂O₅ концентрированной азотной кислотой // Вестник НТУ «ХПИ». Збірник наукових праць. Х.: НТУ «ХПИ», 2010. № 11. С. 48–55.
- Куц Л.Р., Злобин В.Н., Фокин В.М. Повышение эффективности горения в теплогенерирующих установках с использованием катализаторов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2008. №. 12. С. 81–84.
- Баландина О.А. Исследование распределения концентраций оксидов азота в дымовых газах котельных установок // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство: сборник научных статей шестой международной научной конференции. 31 июля 2019 г. Ч. 1. Казань: ООО «Конверт», 2019. С. 113–117.

REFERENCES

- Smirnov B. Yu. Thermodynamic analysis of the reduction of nitrogen oxides in exhaust flue gases. *Akademicheskij zhurnal Zapadnoj Sibiri* [Academic Journal of Western Siberia], 2015, vol. 11, no. 1 (56), pp. 122-123. (in Russian). Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_23885243_64428689.pdf/ (Accessed 1 October 2019)
- Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 22.12.2017 № 165 «Ob utverzhdenii gigienicheskikh normativov GN 2.1.6.3492-17 “Predel’no dopustimye koncentracii (PDK) zagryaznyayushchih veshchestv v atmosfernom vozduhe gorodskih i sel’skih poselenij” (s izmeneniyami na 31 maya 2018 goda)»* [Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of December 22, 2017 no. 165. On approval of hygienic standards of GN 2.1.6.3492-17. Maximum permissible concentrations (MPC) of pollutants in the atmospheric air of urban and rural settlements. (as amended on May 31, 2018)]. Moscow, 2018. 112 p.
- Doklad Pravitel’stva Samarskoj oblasti «Ob ekologicheskoy situacii v Samarskoj oblasti za 2018 god»* [Report of the Government of the Samara region. On special situations in the Samara region for 2018]. Edition 29, Samara, 2019. 21 p.
- Sigal I.Ya. *Zashchita vozdushnogo basseyna pri szhiganii topliva* [Protection of the air basin during fuel combustion]. Nedra Publ., 1991. 294 p.
- Zel’dovich Ya. B. *Teoriya goreniya i detonacii v gazah* [The theory of combustion and detonation in gases]. Academy of Sciences of the USSR, 1944, 64 p.
- Kotler V.R. *Oksidy azota v dymovykh gazakh kotlov* [Nitrogen oxides in boiler flue gases]. Energoatomizdat Publ., 1987, 144 p.
- Grin G.I., Kucher K.A., Sozontov V.G., Kazakov V.V. Thermodynamic studies of the oxidation of nitric oxide (IV) by ozone and absorption of N₂O₅ by concentrated nitric acid. *Vestnik of NTU “KPI”*. Collection of scientific works, 2010, no 11, pp. 48-55. (in Russian). Available at: http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/19182/1/vestnik_HPI_2010_11_Kucher_Termodynamicheskie.pdf/ (Accessed 1 October 2019)
- Kushch L. R., Zlobin V. N., Fokin V. M. Increasing the efficiency of combustion in heat-generating plants using catalysts. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel’nogo universiteta. Seriya:*

Stroitel'stvo i arhitektura [Vestnik of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture], 2008, no. 12, pp. 81-84. (in Russian). Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_11701588_27568185.pdf/ (Accessed 1 October 2019)

9. Balandina O.A. Investigation of the distribution of concentrations of nitrogen oxides in the flue gases of boiler plants. *Peredovye innovacionnye razrabotki. Perspektivy i opyt ispol'zovaniya, problemy vnedreniya v proizvodstvo: sbornik nauchnyh statej shestoj mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. 31 iyulya 2019 g. CH. 1* [Advanced innovative developments. Prospects and experience of use, problems of implementation in production: miscellany of scientific articles of the sixth international scientific conference. July 31, 2019 Part 1]. Kazan: LLC Konvert, 2019, pp. 113-117. (in Russian)

Об авторах:

БАЛАНДИНА Ольга Александровна

ассистент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: balandinaolya88@rambler.ru

BALANDINA Olga A.

Assistant of the Heat and Gaz Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: balandinaolya88@rambler.ru

ПУРИНГ Светлана Михайловна

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: puring@mail.ru

PURUNG Svetlana M.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Heat and Gaz Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: puring@mail.ru

ПАЩЕНКО Дмитрий Иванович

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры промышленной теплоэнергетики Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: pt@samgtu.ru

PASHCHENKO Dmitry I.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Industrial Heat Power Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: pt@samgtu.ru

Для цитирования: Баландина О.А., Пуринг С.М., Пащенко Д.И. Анализ влияния температуры воздуха на изменения энергии Гиббса при образовании оксидов азота в дымовых газах котельных установок // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 164–171. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.21.

For citation: Balandina O.A., Puring S.M., Pashchenko D.I. Analysis of the influence of air temperature on changes in gibbs energy in the formation of nitrogen oxides in smoke gases of boiler plants. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 164–171. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.21.

Е. А. КРЕСТИН
Г. В. СЕРЕБРЯКОВ

ВЛИЯНИЕ ОБЛИТЕРАЦИИ ЩЕЛЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР НА РАБОТУ ПРИВОДОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

INFLUENCE OF GAP SEALS OBLITERATION OF PLUNGER COUPLES
ON THE WORK OF ELECTRICITY SYSTEM DRIVES

Рассмотрено влияние облитерации щелевых зазоров плунжерных пар на стадии проектирования и расчета систем приводов агрегатов электроэнергетических систем. Облитерация рассмотрена как вредное явление, исходя из этого необходимы поиски методов и средств, способствующих стабилизации расхода. Такая задача возникает всякий раз, когда необходимо получить малые и стабильные во времени расходы жидкости. Так как облитерация всегда сопровождается ростом сил, потребных для перемещения сопрягаемых деталей относительно друг друга, например плунжера в гильзе, то игнорирование этого явления может привести к заниженным расходам утечек рабочей жидкости. Эти усилия тем больше, чем активнее идет процесс облитерации. Проведен анализ экспериментальных исследований для различных типов жидкостей при разных зазорах и пульсациях перепада давления по концам зазора. Процесс облитерации, вызванный адсорбированием молекул жидкости, был аппроксимирован экспоненциальной функцией, которая позволяет определить максимально возможную толщину граничного слоя жидкости, образованного на стенке канала.

Ключевые слова: облитерация, щелевые зазоры, расход утечек, гидроагрегаты, толщина граничного слоя

При течении жидкости через щелевые зазоры микронных размеров наблюдаются случаи нарушения стабильности расхода [1–3]. Утечка, начинаясь довольно большим потоком, может уменьшиться до доли первоначального значения за несколько десятков секунд. На рис. 1 приведены результаты проливки стандартно-чистой жидкости АМГ–10 и керосина ТС–1 через плоские щели размером 1,8×1,7 мм и высотой 10 мкм [1]. При течении рабочей жидкости через бесконтактное уплотнение щель как бы зарастает и ее проходное сечение уменьшается. Это явление получило название облитерации капиллярных зазоров.

Явление облитерации следует рассматривать, по крайней мере, в двух аспектах.

Во-первых, облитерация способствует герметизации агрегатов, и поэтому усилия иссле-

The influence of obliteration of slotted gaps of plunger couples at the stage of design and calculation of drive systems for aggregates of electric power systems is considered. Obliteration is considered as a harmful phenomenon, on the basis of this, it is necessary to search for methods and means that contribute to the stabilization of flow. Such a problem arises whenever it is necessary to obtain small and stable over time fluid flow rates. Since obliteration is always accompanied by an increase in the forces required to move the mating parts relative to each other, for example, a plunger in a sleeve, ignoring this phenomenon can lead to underestimated costs of leakage of the working fluid. These efforts are all the more, the more active is the obliteration process. The analysis of experimental studies for various types of liquids with different gaps and pulsations of the pressure drop at the ends of the gap. The obliteration process, caused by the adsorption of liquid molecules, was approximated by an exponential function that allows you to determine the maximum possible thickness of the boundary layer of liquid formed on the channel wall.

Keywords: obliteration, crevice gaps, leakage rate, hydraulic units, boundary layer thickness

дователей должны быть направлены на поиски таких материалов и покрытий стенок каналов, а также таких жидкостей и присадок к ним, которые усиливали бы этот процесс.

Во-вторых, облитерацию следует рассматривать как вредное явление, и, исходя из этого, необходимы поиски методов и средств, способствующих стабилизации расхода. Такая задача возникает всякий раз, когда необходимо получить малые и стабильные во времени расходы жидкости. Облитерация всегда сопровождается ростом сил, потребных для перемещения сопрягаемых деталей относительно друг друга, например плунжера в гильзе. Эти усилия тем больше, чем активнее идет процесс облитерации.

Явление облитерации щелевых уплотнений изучали [4–6] при перепадах давлений от 1,0 до 60 МПа. Жидкость, подводимая к об-

разцу щели, очищали различными типами фильтроэлементов, изготовленных из фетра, металлических сеток, бумаги АФБ – 14. Размер высоты зазора в плоских щелях изменяли от 4 до 34 мкм, в кольцевых щелях – от 10 до 30 мкм, а диаметр круглых отверстий – от 15 до 420 мкм. Через образцы проливали различные жидкости: бензин Б-70, воду дистиллированную и водопроводную, керосин, глицерин, а также масла: силиконовое 7 – 5 – С3, АМГ – 10, веретенное АУ, МК – 8 и МС – 20. Температуру жидкости при проливках изменяли от + 15 до + 150 °С.

Большинство экспериментов было выполнено на стенде, особенность конструкции которого заключалась в том, что жидкость, подводимая к опытному образцу щели через разделитель-гидроаккумулятор с эластичной мембраной, отделялась от жидкости, циркулирующей в основной системе. Такая конструкция позволяла проливать через образцы щелей жидкости с разной степенью фильтрации без замены масла в основной системе. При этом значительно улучшалась возможность получения стабильной температуры жидкости.

Влияние типа рабочей жидкости на величину расхода утечек определяли экспериментальным путем.

Зависимость облитерации от типа жидкости подтверждается опытными данными (рис. 2) проливок жидкости АМГ-10 и веретенного масла через плоскую щель с высотой зазора $h = 8$ мкм. Очистка жидкостей от загрязнений была одинаковой: перед образцом щели устанавливали фильтр ФГ-11/1 с бумажным фильтроэлементом (бумага АФБ-1К). На оси

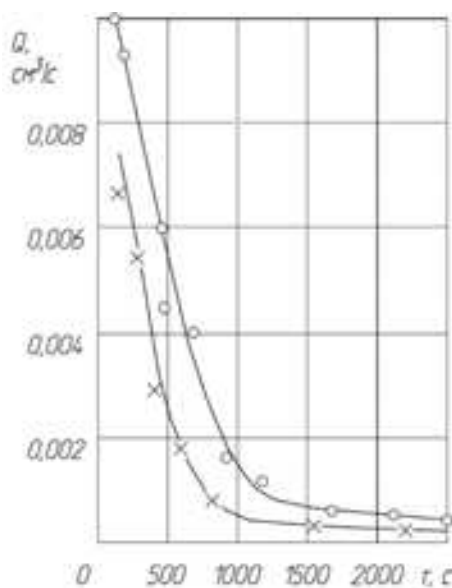


Рис. 1. Результаты проливки стандартно-чистой жидкости АМГ – 10 и керосина ТС- 1

абсцисс показано время непрерывной проливки, а на оси ординат – значение относительного расхода $Q_{\text{ф}}/Q_{\text{н}}$, представляющего собой отношение фактического расхода $Q_{\text{ф}}$ к расходу, замеренному в самом начале проливки жидкости $Q_{\text{н}}$. Постоянное значение относительного расхода, равное единице, свидетельствует о том, что расход стабилен и со временем не изменяется. Уменьшение относительного расхода со временем вызвано облитерацией щели. Из графика рис. 1 следует, что интенсивность уменьшения расхода масла АУ значительно выше, чем жидкости АМГ-10. Интересны также результаты проливки этих же жидкостей через плоскую щель высотой 22 мкм (рис. 2, б). Если уменьшения расхода жидкости АМГ-10 для этого размера со временем не наблюдалось, то расход веретенного масла плавно уменьшался и через 30 мин составлял 35 % от начального.

Для практики несомненный интерес представляет сравнительная оценка облитерирующих свойств жидкостей, используемых в гидравлических и топливных системах и системах смазки двигателей. Была произведена оценка адсорбционных свойств десяти жидкостей: керосина, бензина Б-70, глицерина, воды водопроводной и дистиллированной, масел силиконового 7-50-С3, АМГ-10, веретенного АУ, МК-8 и МС-20.

Среди испытываемых рабочих тел были сложные по молекулярному составу жидкости – это масла, к которым для повышения смазывающего действия, как правило, добавляются поверхностно-активные вещества (присадки), а также жидкости, не содержащие поверхностно-активных молекул, например такие, как бензин и керосин.

Для создания равнозначных условий, позволяющих проводить сравнения, было учтено, что вязкость жидкостей различна. Поэтому и расход через щелевой зазор будет различным. Расход в эксперименте измеряли после протекания через щель определенного и одинакового объема жидкости. Для маловязких жидкостей объем брали 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 см³, а для вязких жидкостей типа масла МК-8 объем составлял 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 см³. Жидкости тщательно очищали от частиц загрязнений. Для этого перед образцом щели на пути следования жидкости устанавливали фильтры со средним размером пор порядка 0,8 мкм. Микроанализ проб жидкостей показал, что механических частиц размером, превышающим 2 мкм, в рабочей среде не было. Опытный образец щели был плоским, разборным, с размерами канала 0,01х6,1х7,88 мм. Проливку через канал выполняли при температуре 16–20 °С при перепаде давления 5,0 МПа.

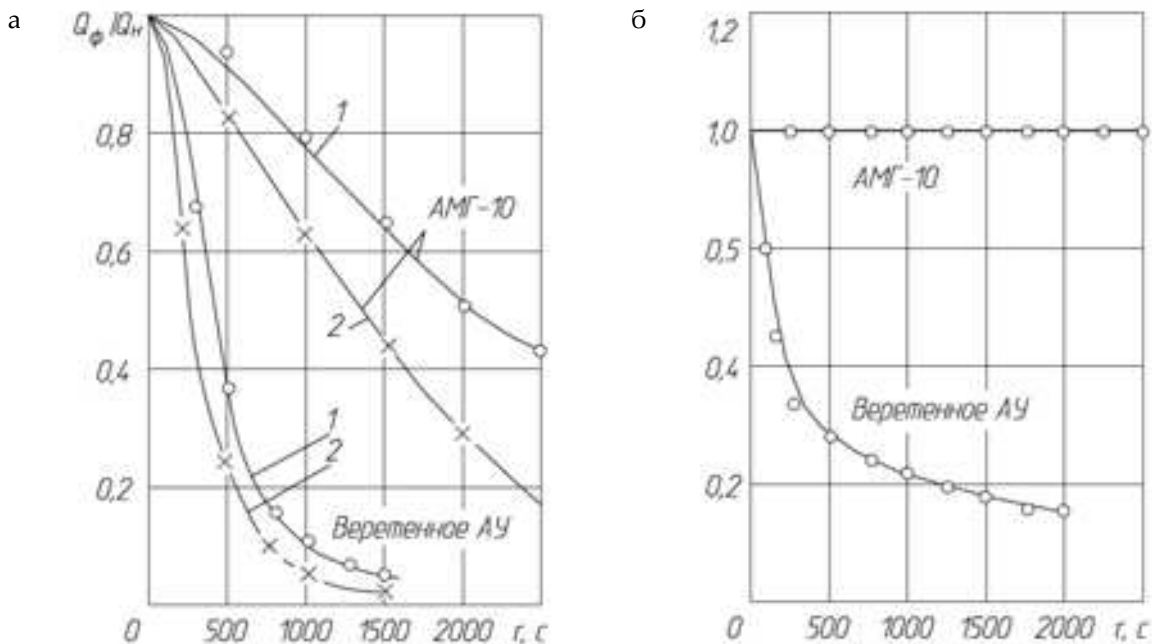


Рис. 2. Зависимость относительной величины расхода Q_f/Q_n и жидкости АМГ-10 и веретенного масла АУ от времени проливки:
 а – щель 8 мкм: 1 – $\Delta p = 1 \text{ МПа}$, 2 – $\Delta p = 2 \text{ МПа}$; б – щель 22 мкм: $\Delta p = 2,0 \text{ МПа}$

Результаты экспериментов в виде графических зависимостей относительного расхода Q_f/Q_n от объема пролитых через щель различных жидкостей представлены на рис. 3. По результатам экспериментальных исследований был проведен анализ.

Анализ полученных данных подтверждает, что характер течения в щелях микронных

размеров зависит от типа жидкости [7–9]. При проливке через образец щели бензина Б-70, дистиллированной воды, керосина, глицерина облитерации канала не наблюдалось, в то время как при течении других жидкостей расход со временем уменьшался. Наибольшая интенсивность уменьшения расхода была замечена у масел МК-8 и МС-20, далее идут – масло АУ, силиконовое 7-50-С3, водопроводная вода и, наконец, масло АМГ-10. Как показали опыты, величина относительного расхода у жидкостей, склонных к облитерации, зависит от массы пролитой через щель жидкости. При течении через щель масел МК-8 и МС-20 через некоторое время наблюдалась полная зарастивание щели и утечка прекращалась. При проливках веретенного масла, 7-50-С3, водопроводной воды и масла АМГ-10 уменьшающийся в начале проливки расход через некоторое время стабилизируется. Интенсивность снижения расхода, максимальная в начале проливки, постепенно снижается.

Это обстоятельство можно объяснить следующим образом. Согласно существующему представлению о формировании и структуре граничных слоев, явления, происходящие в капиллярном канале, схематически могут быть описаны так. При возникновении течения через щель металлические стенки щели, обладая поверхностной энергией, интенсивно взаимодействуют с жидкостью и адсорбируют на своей поверхности полярно-активные молекулы

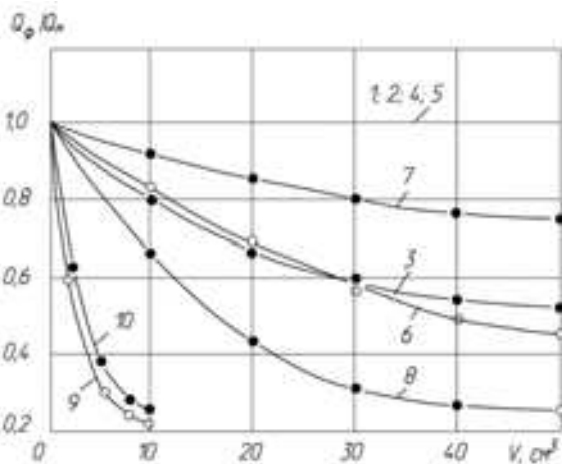


Рис. 3. Зависимость относительного расхода от объема пролитой через щель жидкости ($h = 10 \text{ мкм}$):
 1 – бензин Б-10; 2 – вода дистиллированная; 3 – вода водопроводная; 4 – керосин ТС-1; 5 – глицерин; 6 – силикон 7-50-С3; 7 – АМГ-10; 8 – масло веретенное АУ; 9 – масло МК-8; 10 – масло МК-20

последней, образуя у границы неподвижные слои жидкости, уменьшающие эффективное сечение щели. При достижении определенной толщины граничного слоя дальнейший его рост прекращается, так как действие силового поля твердой поверхности, ограничивающей щель, ослабевает в результате экранирующего влияния близлежащих к твердой поверхности слоев полярных молекул. Скорость процесса напластования полярных молекул при прочих равных условиях зависит от расхода жидкости через щель: чем больше расход, тем больше в единицу времени через щель пройдет полярно-активных молекул и тем большее их количество адсорбируется на ее стенках. Такие предположения объясняют зависимость утечки при облитерации щели от времени и количества пролитой жидкости, а также причину более быстрого темпа уменьшения расхода в начале проливки по сравнению с последующими периодами. Можно ожидать, что относительные перемещения стенок каналов могут привести к разрушению пластов из ориентировочных молекул и стабилизации расхода. Поэтому осцилляция одной из стенок зазора ведет к увеличению расхода утечек [2]. В каналах, где относительная толщина адсорбированных слоев незначительна по сравнению с размером щели, уменьшение расхода не обнаружено.

Наличие опытных данных позволило математически описать процесс облитерации щелей, вызванный адсорбированием молекул жидкости стенками каналов. Пусть при течении жидкости через щель толщина граничного слоя δ на стенке канала, увеличиваясь со временем, стремится к некоторой предельной величине и выражается зависимостью

$$\delta = \delta_{\max} (1 - e^{-\beta\tau}). \tag{1}$$

Здесь δ_{\max} – максимально возможная толщина граничного слоя; τ – время после начала истечения; β – коэффициент пропорциональ-

ности, зависящий от типа жидкости и материала стенок канала; e – основание натурального логарифма.

Из формулы видно, что при $\tau \rightarrow \infty$ толщина граничного слоя $\delta \rightarrow \delta_{\max}$ и при $\tau \rightarrow 0, \delta \rightarrow 0$. При образовании на стенках канала квазитвердых слоев жидкости расход Q через щелевое уплотнение будет уменьшаться со временем, так как переменной будет и величина зазора $h = h_0 - 2\delta$:

$$Q = \frac{Wh^3 \Delta p}{12\nu pl},$$

где h_0 – начальный зазор.

Можно пренебречь изменением ширины зазора W , вызванного облитерацией, так как $W \gg h_0$. При таких предположениях и допущениях расход выразится в виде зависимости

$$Q = \frac{W\Delta p}{12\nu pl} [h_0 - 2\delta_{\max} (1 - e^{-\beta\tau})]^3 = \frac{Wh^3 \Delta p}{12\nu pl} \left[1 - \frac{2\delta_{\max}}{h_0} (1 - e^{-\beta\tau}) \right]^3 = Q_n \left[1 - \frac{2\delta_{\max}}{h_0} (1 - e^{-\beta\tau}) \right]^3. \tag{2}$$

Относительный расход составит

$$\bar{Q} = \frac{Q}{Q_n} = \left[1 - \frac{2\delta_{\max}}{h_0} (1 - e^{-\beta\tau}) \right]^3. \tag{3}$$

При $\tau \rightarrow \infty$ величина $e^{-\beta\tau} \rightarrow 0$ и выражение (3) запишется в виде

$$\bar{Q}_{\text{ст}} = \frac{Q}{Q_n} = \left[1 - \frac{2\delta_{\max}}{h_0} \right]^3. \tag{4}$$

Здесь $\bar{Q}_{\text{ст}}$ – стабилизировавшийся относительный расход (рис. 4). Уравнение (4) позволяет определить максимально возможную толщину граничного слоя жидкости, адсорбированной на стенке канала:

$$\delta_{\max} = \frac{h_0}{2} \left(1 - \sqrt[3]{\bar{Q}_{\text{ст}}} \right). \tag{5}$$

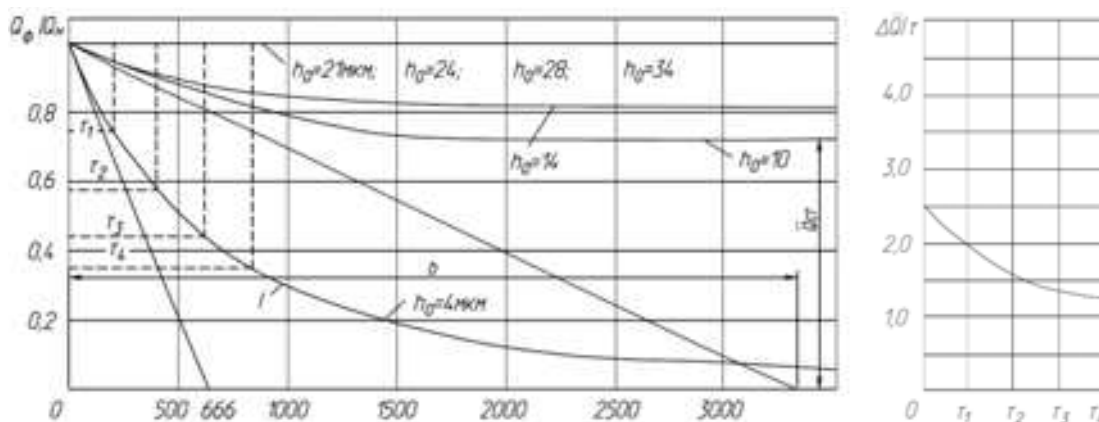


Рис. 4. Зависимость величины относительного расхода жидкости АМГ-10 от времени проливки

Для определения величины коэффициента пропорциональности найдём производную выражения (3) по τ :

$$\frac{d\bar{Q}}{d\tau} = -3\beta e^{\beta\tau} \frac{2\delta_{\max}}{h_0} \left[1 - \frac{2\delta_{\max}}{h_0} (1 - e^{-\beta\tau}) \right]^2,$$

при $\tau = 0, e^{-\beta\tau} = 1,0$

$$\left(\frac{d\bar{Q}}{d\tau} \right)_{\tau=0} = -3\beta \frac{2\delta_{\max}}{h_0} = -3\beta \sqrt[3]{\bar{Q}_{\text{cr}}} - 1.$$

Производная функции $\frac{d\bar{Q}}{d\tau}$ является тангенсом угла наклона касательной к кривой в данной точке

$$\left(\frac{d\bar{Q}}{d\tau} \right)_{\tau=0} = \text{tg}\theta = 1/b,$$

где b – абсцисса точки пересечения с осью τ , касательной к кривой. $\bar{Q} = f(\tau)$, в точке $\tau = 0$ (см. рис.4). В результате получаем зависимость

$$\beta = -\frac{1}{3b(\sqrt[3]{\bar{Q}_{\text{cr}}} - 1)}. \quad (6)$$

Величины \bar{Q}_{cr} и b для (5) и (6) можно определить из графиков проливок (см. рис. 4).

Касательную к кривой $\bar{Q} = f(\tau)$ в точке с абсциссой $\tau = 0$ можно провести несколькими способами: на глаз с помощью прозрачного угольника или линейки проведением нормали к кривой с использованием зеркальной линейки или методом секущих. Последний способ является наиболее точным из применяемых способов графического дифференцирования.

Рассмотрим методику проведения касательной в точке $\bar{Q} = 1,0$ и $\tau = 0$ к кривой $\bar{Q} = f(\tau)$ обозначенной на рис. 4 индексом I, методом секущих. Из точки с координатами $\bar{Q} = 1,0$ и $\tau = 0$ кривой I проводим несколько секущих. Тангенс угла наклона каждой из секущих определим частным от деления $\Delta\bar{Q}_1\tau_1, \Delta\bar{Q}_2\tau_2, \Delta\bar{Q}_3\tau_3$ и т. д. Затем строим графическую зависимость $\Delta\bar{Q}\tau = f(\tau)$ – см. справа на рис. 4. Экстраполируя полученную кривую, находим значение $\Delta\bar{Q}\tau$ в точке $\tau = 0$. Для рассматриваемого примера $\Delta\bar{Q}\tau = 2,5$. Для определения абсолютного значения необходимо полученное значение $\Delta\bar{Q}\tau = 2,5$ умножить на масштабный коэффициент K_M , который представляет собой частное от деления масштаба M_Q по оси Q и масштаба M_τ по оси τ :

$$K_M = M_Q / M_\tau.$$

На графике рис. 4 функция $\bar{Q} = f(\tau)$ изображена в масштабе: $M_Q = 0,02$ 1/мм, $M_\tau = 33,3$ с/мм. Тогда

$$K_M = M_Q / M_\tau = 0,0006$$

и значение производной

$$\left(\frac{d\bar{Q}}{d\tau} \right)_{\tau=0} = 2,5;$$

$$K_M = 0,0015.$$

Так как

$$\left(\frac{d\bar{Q}}{d\tau} \right)_{\tau=0} = \text{tg}\theta = 1/b,$$

то $b = 1/0,0015 = 666$ с.

Для определения максимально возможной толщины граничного слоя δ_{\max} и коэффициента β воспользуемся опытными данными, приведенными на графике рис. 4. Здесь даны результаты проливки жидкости АМГ-10 через плоские образцы щелей с начальным зазором $h_0 = 4, 10, 14, 21, 24, 28$ и 34 мкм. Перепад давления $\Delta p = 5,0$ МПа, а температура жидкости $t = +20$ °С. Фильтрация жидкости была такой, что гарантировалось отсутствие в жидкости частиц загрязнений, превышающих 10 мкм. Однако в жидкости имелись частицы величиной более 4 мкм, поэтому со временем щель зарастала полностью. При проливках жидкости через щели с высотой зазора $h_0 = 21, 24, 28$ и 34 мкм изменения расхода со временем не обнаружили. Возможно, что с увеличением расстояния между поверхностями, образующими щель, интенсивность электромагнитного поля ослабевает, поэтому уменьшается и толщина граничных пленок. Кроме того, при больших зазорах, даже при сохранении постоянного значения δ_{\max} , относительная толщина адсорбированного слоя уменьшается и это не дает возможности обнаружить уменьшение утечки.

Расчеты показали, что для щели с $h_0 = 10$ мкм, $\bar{Q}_{\text{cr}} = 0,735$, $\delta_{\max} = 0,48$ мкм и $\beta = 0,00515$ 1/с. Используя экспериментальные данные, приведенные на графике рис. 3, по формуле (13) определили максимально возможную толщину граничного слоя δ_{\max} при $h_0 = 10$ мкм. Для веретенного масла $\delta_{\max} = 1,75$ мкм, силиконовой жидкости 7-50-С3 $\delta_{\max} = 1,15$ мкм, воды из водопроводной сети $\delta_{\max} = 1$ мкм, бензина Б-70, керосина ТС-1, глицерина и воды дистиллированной $\delta_{\max} = 0$.

Выводы. При проектировании и расчете плунжерных пар систем гидроприводов необходимо учитывать влияние облитерации на работу гидроагрегатов. Облитерацию следует рассматривать в двух аспектах:

- облитерация способствует герметизации зазоров гидроагрегатов и поэтому необходимо изыскивать материалы и покрытия

стенок зазоров, способствующих снижению утечек;

- облитерация, как вредное явление, ведет к зарастанию щелевых зазоров и в конечном итоге приводит к нарушению оптимальной работы прецизионных пар.

Проведен анализ экспериментальных исследований для различных типов жидкостей при разных зазорах и пульсациях перепада давления по концам зазора.

Облитерация зазоров напрямую зависит от размера щели, вязкости и массы протекающей жидкости, времени проливки, а также от полярно-активных молекул, находящихся в рабочей среде.

На величину облитерации зазора оказывает влияние осцилляция стенок зазора: с ростом частоты пульсаций расход увеличивается.

Процесс облитерации, вызванный адсорбированием молекул жидкости, был аппроксимирован экспоненциальной функцией, которая позволяет определить максимально возможную толщину граничного слоя жидкости, образованного на стенке канала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никитин Г.А., Черкун В.Е., Дидур В.А. Повышение качества сборки плунжерных пар золотниковых распределителей // Технология и организация производства. Киев, 1971. № 1. С. 77–80.
2. Крестин Е.А. Определение утечек жидкости через зазор бесконтактного уплотнения поршня гидравлического вибратора // Научное обозрение. 2014. № 5. С. 108–110.
3. Васильев В.А. Метод расчета гидродинамических сил в щелевых уплотнениях роторов мощных питательных насосов // Вестн. ЮУрГУ. Сер. Машиностроение. 2004. № 5. С. 115–120.
4. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: / Т. М. Башта и др. 5-е изд., стер. М.: Альянс, 2011. 422 с.
5. Численное исследование устойчивости течения Тейлора между двумя цилиндрами в двумерном случае / О. М. Белоцерковский [и др.] // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2009. № 4. С. 754–768.
6. Уплотнительные устройства в машиностроении / Б. Жирных [и др.]. М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 2017. 24 с.
7. Никитин О.Ф. Рабочие жидкости и уплотнительные устройства гидроприводов. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. 288 с.
8. Машиностроительный гидропривод / под ред. В. Н. Прокофьева; авт.: Л. А. Кондаков, Г. А. Никитин, В. Н. Прокофьев, В. Я. Скрицкий, В. Л. Сосонкин. М.: Машиностроение, 1978. 495 с.
9. Найгерт К.В., Редников С.Н., Япарова Н.М. Процессы полимеризации рабочей среды в зазорах золот-

никовых пар // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника: сб. статей. Челябинск, 2016. № 46. С. 125–123.

REFERENCES

1. Nikitin G.A., Cherkun V.E., Didur V.A. Improving the assembly quality of plunger pairs of spool valves. *Tekhnologiya i organizatsiya proizvodstva* [Technology and organization of production], Kiev, 1971, no. 1, pp. 77-80.
2. Krestin E.A. Determination of fluid leaks through the clearance of the non-contact seal of the piston of a hydraulic vibrator. *Nauchnoe obozrenie* [Science Review], 2014, no. 5, pp. 108-110. (in Russian)
3. Vasil'yev V.A. Method for calculating hydrodynamic forces in gap seals of rotors of powerful feed pumps. *Vestn. YUUrGU. Ser. Mashinostr.* [Bulletin of the South Ural State University. Series «Mechanical engineering industry»], 2004, no. 5, pp. 115-120. (in Russian)
4. *Gidravlika, gidromashiny i gidroprivody: uchebnik dlya studentov vysshikh tekhnicheskikh uchebnykh zavedeniy* [Hydraulics, hydraulic machines and hydraulic drives: a textbook for students of higher technical educational institutions]. M., Al'yans, 2011, 422 p.
5. Numerical study of the stability of the Taylor flow between two cylindrical in the two-dimensional case / O. M. Belotserkovskiy and others. *Zhurnal vychislitel'noy matematiki i matematicheskoy fiziki* [Journal of Computational Mathematics and Mathematical Physics], 2009, no. 4, pp. 754-768. (in Russian)
6. *Uplotnitel'nye ustroystva v mashinostroyenii: uchebnoe posobie* / B. Zhirnykh and others [Sealing devices in mechanical engineering]. M., Izdatel'stvo MGTU im. Bauman. 2017, 24 p.
7. Nikitin O.F. *Rabochie zhidkosti i uplotnitel'nye ustroystva gidroprivodov* [Hydraulic fluids and sealing devices]. M.: MGTU im. N. E. Bauman. 2013, 288 p.
8. L. A. Kondakov, G. A. Nikitin, V. N. Prokof'yev, V. Ya. Skritskiy, V. L. Sosonkin. *Mashinostroyitel'nyy gidroprivod* [Machine-building hydraulic drive]. M., Mashinostroyeniye. 1978, 495 p.
9. K.V. Naygert, S.N. Rednikov, N.M. Yaparova. Process polymerization processes in spool pair gaps. *Vestnik PNIPU. Aerokosmicheskaya tekhnika: sbornik statey* [Bulletin of PNIPU. Aerospace Engineering]. Chelyabinsk, 2016, no. 46, pp. 125-123. (in Russian)

Об авторах:

КРЕСТИН Евгений Александрович

кандидат технических наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: krestin@bk.ru

KRESTIN Evgeny A.

PhD in Engineering Science, Professor of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: krestin@bk.ru

СЕРЕБРЯКОВ Григорий Владимирович

студент 2 курса, факультет инженерных систем и природоохранного строительства, направление: гидротехническое строительство, группа Г-81 Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: karately123@mail.ru

SEREBRYAKOV Grigoriy V.

student 2 kursa, fakultet inzhenernykh sistem i prirodookhrannogo stroitelstva, napravlenie: gidrotekhnicheskoe stroitelstvo, gruppa G-81 Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: krestin@bk.ru

Для цитирования: *Крестин Е.А., Серебряков Г.В.* Влияние облитерации щелевых уплотнений плунжерных пар на работу приводов электроэнергетических систем // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 1. С. 172–178. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.22.

For citation: *Krestin E.A., Serebryakov G.V.* Influence of gap seals obliteration of plunger couples on the work of electricity system drives. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 172–178. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.22.

**ПОДПИСКА – 2020
на январь – июнь по Объединенному каталогу
«Пресса России»**

Уважаемые читатели!
**Обратите внимание, что с 1 сентября 2019 г.
проводится подписная кампания первого полугодия 2020 г. на журнал
Самарского государственного технического университета**

«ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»

Подписной индекс нашего журнала в каталоге И70570

*Подробные условия оформления подписки и стоимость
Вы найдете в I томе каталога «Пресса России» на странице 178.
Также возможно оформить подписку онлайн на сайте <https://www.ppressa-rf.ru/>*