

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ**

Выходит 4 раза в год

Учредитель и издатель

Пензенский государственный
университет архитектуры
и строительства

Главная редакция:

А.М. Данилов (главный редактор)
Е.В. Королев (заместитель
главного редактора)
И.А. Гарькина (ответственный
секретарь)

Адрес редакции:

440028, г.Пенза, ул.Германа Титова, 28,
ПГУАС
Тел/факс 8412 929501
E-mail: regas@pguas.ru
fmatem@pguas.ru
www.rais.pguas.ru

Редакторы: М.А. Сухова,
В.С. Кулакова,
Н.Ю. Шалимова

Дизайн обложки Е.Г. Лапшина

Компьютерная верстка
Н.А. Сазонова

Перевод О.В. Гринцова

Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору
за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций
и охране культурного наследия

Свидетельство о регистрации
ПИ №ФС77-25956 от 13 октября 2006 г.

Подписной индекс:

36946 в каталоге Роспечати

Авторы опубликованных материалов
несут ответственность за достоверность
приведенных сведений, точность данных
по цитируемой литературе и за исполь-
зование в статьях данных, не подлежа-
щих открытой публикации.

Редакция может опубликовать статьи
в порядке обсуждения, не разделяя точку
зрения автора.

Подписано к печати 16.09.2015.

Формат 60x84 1/8.

Уч.-изд.л. 19,25. Тираж 500 экз. Первый завод 100.

Заказ № 333.

Отпечатано в издательстве ПГУАС

**РЕГИОНАЛЬНАЯ
АРХИТЕКТУРА
И СТРОИТЕЛЬСТВО**
3(24)/2015

Содержание

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
И ИЗДЕЛИЯ** 4

Селяев В.П., Осипов А.К., Селяев П.В.
ХИМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ
АРМАТУРНОЙ СТАЛИ ВОДНЫМ
РАСТВОРАМ, СОДЕРЖАЩИМ ИОНЫ ХЛОРА. 4

Маштаев О.Г., Киселев Н.Н., Селяев В.П.
ВЛИЯНИЕ ВИДА НАПОЛНИТЕЛЯ НА
ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ВАКУУМНЫХ
ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПАНЕЛЕЙ 11

Гусев Н.И., Кочеткова М.В., Гончаренко О.А.
МОРОЗОСТОЙКОСТЬ ЗАЩИТНО-
ОТДЕЛОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ НАРУЖНЫХ
СТЕН ИЗ ПЕНОБЕТОНА 20

Логанина В.И., Жегера К.В., Болдырев С.А.
ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КОНТРОЛЯ
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ .. 24

Коровкин М.О., Ерошкина Н.А.,
Чамурлиев М.Ю.
ВЛИЯНИЕ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРА НА
ИЗМЕЛЬЧАЕМОСТЬ ЦЕМЕНТА И СНИЖЕНИЕ
ЕГО АКТИВНОСТИ ПРИ ХРАНЕНИИ..... 29

Логанина В.И.
СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ ДЛЯ
РЕСТАВРАЦИИ ЗДАНИЙ ИСТОРИЧЕСКОЙ
ЗАСТРОЙКИ 34

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ
И СООРУЖЕНИЯ** 43

Комаров В.А., Ласьков С.Н., Ласьков Н.Н.
РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ СЖАТЫХ ПОЛОС
БЕТОНА КОНСОЛЬНЫХ ОПОР РИГЕЛЕЙ
МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСОВ..... 43

Сычев С.А.
НОРМАТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА МОНТАЖА
БЫСТРОВОЗВОДИМЫХ МОДУЛЬНЫХ
ЗДАНИЙ (ХРОНОМЕТРАЖНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ) 49

© Авторы публикаций, 2015

© Е.Г. Лапшина, дизайн обложки, 2015

© ПГУАС, 2015

Кочеткова М.В., Гусев Н.И., Аюпова З.В. СЛОЖНОСТЬ ВОЗВЕДЕНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ОТАПЛИВАЕМЫХ ЗДАНИЙ.....	55	АРХИТЕКТУРА.....	101
Комаров В.А., Болдырева О.В., Болдырев С.А. ПРОЧНОСТЬ СЖАТОЙ ПОЛОСЫ БЕТОНА КОНСОЛИ РИГЕЛЯ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ.....	58	Борисов С.В. ПРИХОДСКИЕ КОМПЛЕКСЫ КАК ОСНОВА СОХРАНЕНИЯ ТРАДИЦИОН- НОГО АРХИТЕКТУРНОГО ПРОСТРАНСТВА	101
Артюшин Д.В., Шумихина В.А. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕ- СКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕ- НИЯ КАМЕННОЙ КЛАДКИ СЖАТИЮ	62	Заяц И. С. АРХИТЕКТУРНЫЕ ТЕОРИИ О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЗОДЧЕСТВА И ПРИРОДЫ.....	107
ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ	68	Антошкин В.Д. ЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКТИВНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ СБОРНЫХ СФЕРИЧЕСКИХ КУПОЛОВ ..	112
Еремкин А.И., Аверкин А.Г., Косов М.Г. ПРОЦЕССЫ ТЕПЛООБМЕНА В ГРУНТОВОМ ТЕПЛООБМЕННИКЕ.....	68	Чернявская Е.М., До Т.Х. АНАЛИЗ ИСТОРИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЦЕНТРОВ КРУПНЕЙШИХ ГОРОДОВ ВЬЕТНАМА (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ ХАНОЙ И ХАЙФОН)	122
Данилов А.М., Гарькина И.А., Киселев А.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРИ ПОДГОТОВКЕ МАГИСТРОВ И АСПИРАНТОВ	73	Ибрагимов А. М., Пиляк С. А. АРХИТЕКТУРНОЕ СВОЕОБРАЗИЕ ДЕРЕВЯННОГО ЗОДЧЕСТВА КОСТРОМСКОГО РЕГИОНА	131
Андреев С.Ю., Гарькина И.А., Петрунин А.А. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ВОДОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ, ИСПОЛЪЗУЕМОЙ ДЛЯ ФЛОТАЦИОННОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	78	ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ	138
Андреев С.Ю., Гарькина И.А., Петрунин А.А., Ласьков Н.Н. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ВОДОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В РОТОРНО- КАВИТАЦИОННОМ УСТРОЙСТВЕ	83	Данилов А.М., Гарькина И.А., Киселев А.А. ВУЗ КАК СИСТЕМА	138
Ватанский В.А., Фриштер Л.Ю. СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ	89	Учаева Т.В., Минкина С.Е. РЕАЛИЗАЦИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ РЕГИОНА НА ПРИМЕРЕ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	143
Тюкалов Ю.Я., Рябов И.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ГОФРИРОВАННЫХ АРОЧНЫХ ГРУНТОЗАСЫПНЫХ МОСТОВ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ	96	Некрылова Н.В., Чиркина М.А. ИНТЕГРИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ РЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В ПРОЦЕССНУЮ СРЕДУ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	148

Contents

BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS.....	4	Danilov A.M., Garkina I.A., Kiselev A.A. MODELING AND DATA PROCESSING OF EXPERIMENTAL DATA IN PREPARING UNDERGRADUATES AND POSTGRADUATES	73
Selyaev V.P., Osipov A.K., Selyaev P.V.	4	Andreev S.Y., Gar'kina I.A., Petrunin A.A. THEORETICAL FOUNDATIONS OF THE DISPERSION PROCESS OF WATER-AIR MIXTURE, USED FOR FLOTATION WASTEWATER TREATMENT	78
CHEMICAL RESISTANCE OF REINFORCING STEEL IN AQUEOUS SOLUTIONS CONTAINING CHLORIDE IONS	4	Andreev S.Y., Gar'kina I.A., Petrunin A.A., Laskov N.N. LABORATORY RESEARCH OF THE TECHNOLOGY OF WATER MIXTURE DISPERSION IN ROTARY-CAVITATION DEVICE.....	83
Mashtaev O.G., Kiselev N.N., Selyaev V.P. THE INFLUENCE OF FILLER ON THE THERMAL CONDUCTIVITY OF VACUUM INSULATIVE PANELS.....	11	Vatansky V.A., Frishter L.Yu. COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF EXPERIMENTAL DATA PROCESSING	89
Gusev N.I., Kochetkova M.V., Goncharenko O.A. FROST RESISTANCE OF FINISHING COATINGS OF EXTERION WALLS MADE FROM FOAMCONCRETE.....	20	Tyukalov Yu.Y., Ryabov I.V. IMPROVING DESIGN AND CONSTRUCTION TECHNOLOGY OF CORRUGATED ARCH GROUND-BURI BRIDGES ON MOTORWAYSIED	96
Loganina V.I., Zhegera Ch.V., Boldyrev S.A. IMPROVEMENT OF RELIABILITY CONTROL OF FINISHING WORKS	24	ARCHITECTURE	101
Korovkin M.O., Eroshkina N.A., Chamurliiev M.Y. SUPERPLASTICIZER INFLUENCE ON CEMENT GRINDING AND REDUCTION OF ITS ACTIVITY AT STORAGE	29	Borisov S.V. PARISH CENTERS AS A BASIS FOR MAINTAINING TRADITIONAL ARCHITECTURAL SPACE.....	101
Loganina V.I. DRY MIXES FOR RESTORATION OF HISTORICAL BUILDINGS	34	Zayats I. S. ARCHITECTURAL THEORIES ABOUT THE INTERACTION OF ARCHITECTURE AND NATURE	107
BUILDING STRUCTURES, BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS.....	43	Antoshkin V.D. EFFECTIVE STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF COMPOSITE SPHERICAL DOMES	112
Komarov V.A., Laskov S.N., Laskov N.N. COMPUTATIONAL MODELS OF COMPRESSED STRIPS OF CONCRETE CANTILEVER SUPPORTS CROSSBARS OF MULTISTORY FRAMEWORKS.....	43	Chernyavskaya E. M., Do T.H. ANALYSIS OF HISTORICAL DEVELOPMENT OF PLANNING STRUCTURE OF CITY CENTRES IN VIETNAM (CASE STUDIES OF HANOI AND HAIPHONG).....	122
Sychev S.A. NORMATIVE ENGINEERING PROVISION OF THE PROCESS OF INSTALLATION PREFABRICATED MODULAR BUILDINGS (TIME STUDIES).....	49	Ibragimov A.M., Pilyak S.A. ORIGINALITY OF WOODEN ARCHITECTURE OF THE KOSTROMA REGION.....	131
Kochetkova M.V., Gusev N.I., Aiupova Z.V. THE COMPLEXITY OF CONSTRUCTION WALLING STRUCTURES IN HEATED BUILDINGS	55	ECONOMICS AND MANAGEMENT..	138
Komarov V.A., Boldyreva O.V., Boldyrev S.A. STRENGTH OF COMPASSED CONCRETE STRIP OF CONSOLE BEAM UNDER STATIC LOADING	58	Danilov A.M., Garkina I.A., Kiselev A.A. INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION AS A SYSTEM	138
Artyushin D.V., Shumikhina V.A. EXPERIMENTAL AND ANALYTICAL RESEARCHES OF RESISTANCE TO COMPRESSION OF MASONRY	62	Uchaeva T.V., Minkina S.E. IMPLEMENTATION OF INNOVATION POLICY IN THE REGION ON THE EXAMPLE OF THE PENZA REGION.....	143
ENGINEERING SYSTEMS	68	Nekrylova N.V., Chirkina M.A. RISK MANAGEMENT INTEGRATION OF RESOUCE SUPPORT OF BUSINESS PROCESSES IN THE PROCESS FIELD OF MANUFACTURING PLANT	148
Eremkin A.I., Averkin A. G., Kosov M.G. HEAT EXCHANGE PROCESSES IN GROUND HEAT EXCHANGER	68		

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS

УДК 691.328.1

*Мордовский государственный университет
им. Н.П. Огарева*

Россия, 430000, г. Саранск,
ул. Большевистская, д. 68,
тел.: (8342)47-71-56; факс: (8342)47-71-56

Селяев Владимир Павлович,
академик РААСН, доктор технических
наук, профессор, зав. кафедрой
«Строительные конструкции»
E-mail: ntorm80@mail.ru

Осипов Анатолий Константинович,
кандидат химических наук, профессор,
зав. кафедрой аналитической химии
E-mail: ntorm80@mail.ru

Селяев Павел Владимир,
кандидат технических наук, доцент
E-mail: ntorm80@mail.ru

*Mordovian State University
named after N.P. Ogarev*

Russia, 430000, Saransk, 68,
Bolshevistskaya St.,
tel.: +7(8342)47-71-56; fax: +7(8342)47-71-56

Seljaev Vladimir Pavlovich,
Academician of the Russian Academy of
Architectural and Construction Sciences, Doctor
of Sciences, Professor, Head of the department
«Building constructions»
E-mail: ntorm80@mail.ru

Osipov Anatoly Konstantinovich,
Candidate of Chemical Sciences, Professor,
Head of the department of analytical
chemistry
E-mail: ntorm80@mail.ru

Seljaev Pavel Vladimirovich,
Candidat of Sciences, Associate Professor
E-mail: ntorm80@mail.ru

ХИМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ ВОДНЫМ РАСТВОРАМ, СОДЕРЖАЩИМ ИОНЫ ХЛОРА

В.П. Селяев, А.К. Осипов, П.В. Селяев

Исследована возможность прогнозировать изменение под действием ионов хлора несущей способности арматурных стержней; объема ржавчины на поверхности металла; длительности экспозиции железобетонных элементов до появления продольных трещин.

Ключевые слова: агрессивные среды, ионы хлора, арматура, коррозионная стойкость, глубинный показатель

CHEMICAL RESISTANCE OF REINFORCING STEEL IN AQUEOUS SOLUTIONS CONTAINING CHLORIDE IONS

V.P. Selyaev, A.K. Osipov, P.V. Selyaev

Possibility to predict: the change of the bearing capacity of the reinforcing bars; amount of rust on the metal surface; exposure of reinforced concrete elements prior to the appearance of longitudinal cracks under the action of chlorine ions is investigated.

Keywords: aggressive environment, chloride ions, reinforcement, corrosion resistance, depth indicator

Изучению влияния хлоридов на работу железобетонных конструкций уделяется много внимания зарубежными и отечественными исследователями [1–4].

Агрессивные среды, содержащие ионы хлора, достаточно часто контактируют с железобетоном и являются наиболее опасными, т.к. разрушают и бетон, и стальную арматуру. В настоящей работе представлена методика оценки химического сопротивления арматурной стали действию водных растворов хлористого натрия, разработанная в ходе экспериментальных и теоретических исследований.

В соответствии с ГОСТ 13819–68 коррозионную стойкость металла предложено оценивать с помощью глубинного показателя, который называют проникаемостью и выражают в миллиметрах в год. Численные значения проникаемости определяют по формуле

$$\Pi = \frac{8,76k}{\gamma}, \quad (1)$$

где Π – проникаемость (глубинный показатель Δ , деленный на время t), мм/год; γ – плотность металла г/см³; k – потеря массы, г/м² ч, $k = m/(s \cdot t)$; здесь m – потеря массы с поверхности s за время t .

Однако экспериментальные данные не подтверждают наличие прямо пропорциональной зависимости между проникаемостью (Π) и потерей массы (k), между Δ и m :

$$\Delta = \frac{8,76 \cdot m}{\gamma S}.$$

Интенсивность разрушения стали под действием хлор-ионов можно определить из закона Фарадея:

$$m = \frac{a}{hF} \sum J_i \cdot t, \quad (2)$$

где a – атомный вес металла; J – сила тока, или поток электронов; h – число эквивалентов обмена или переноса электронов на моль реакции; F – постоянная Фарадея.

Если представить, что потеря массы стали m с поверхности S протекает в слое металла толщиной Δ , то с учетом, что $m = \Delta S \gamma$, из закона Фарадея получаем:

$$\Delta = \frac{a}{hF\gamma S} \sum J_i \cdot t. \quad (3)$$

Экспериментальные данные также не подтверждают наличие прямо пропорциональной зависимости потери массы или глубинного показателя Δ от длительности коррозии t .

Экспериментальные данные представлены в таблице и на рис. 1–4.

Результаты экспериментальных исследований коррозии арматурной стали в растворах NaCl

№ п/п	Класс стали Раствор	Длительность экспонирования		m , г	$k = \frac{m}{st}$, г/(м ² ·ч)	$\Delta = \frac{kt}{\gamma}$, мм	$\ell_n \Delta$
		t , ч	$\ell_n t$				
1	2	3	4	5	6	7	8
1.1	A 240	24	3,18	0,22	0,32	0,98	-0,02
1.2	3% NaCl	120	4,78	0,72	0,46	7,1	1,96
1.3		240	5,48	1,29	0,47	14,5	2,67
1.4		360	5,89	1,57	0,75	34,6	3,54
2.1	A 240	24	3,18	0,294	0,38	1,17	0,16
2.2	10% NaCl	120	4,78	0,695	0,44	6,8	1,9
2.3		240	5,48	1,27	0,46	14,15	2,65
2.4		360	5,89	1,508	0,72	33,2	3,5

1	2	3	4	5	6	7	8
3.1	A 500	24	3,18	0,21	0,29	0,89	-0,11
3.2	3% NaCL	120	4,78	0,61	0,34	5,23	1,65
3.3		240	5,48	1,06	0,41	12,6	2,5
3.4		360	5,89	1,23	0,56	25,8	3,25
4.1	A 500	24	3,18	0,42	0,32	0,98	-0,02
4.2	10% NaCL	120	4,78	1,026	0,39	6,0	1,79
4.3		240	5,48	1,35	0,52	16,0	2,77
4.4		360	5,89	2,01	0,83	38,3	3,64
5.1	B 500	24	3,18	0,16	0,26	0,8	-0,22
5.2	3% NaCL	120	4,78	0,2	0,39	6,0	1,79
5.3		240	5,48	0,42	0,42	12,9	2,56
5.4		360	5,89	1,06	0,48	22,1	3,09
6.1	B 500	24	3,18	0,47	0,28	0,86	-0,15
6.2	10% NaCL	120	4,78	0,61	0,46	7,1	1,96
6.3		240	5,48	0,9	0,48	14,8	2,69
6.4		360	5,89	1,38	0,68	31,4	3,45

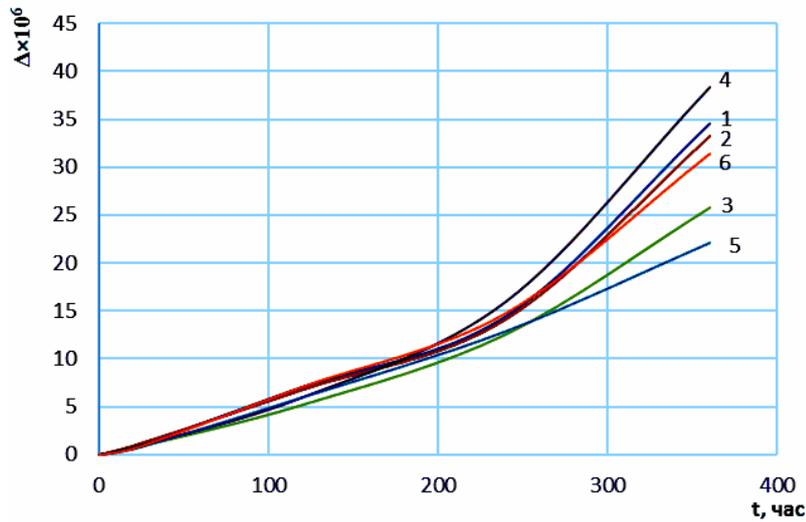


Рис. 1. Изменение глубинного показателя Δ во времени

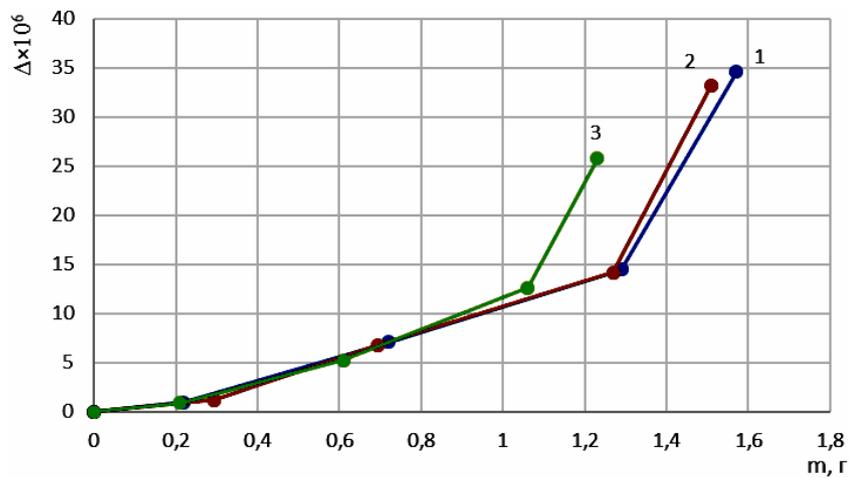


Рис. 2. Зависимость изменения глубинного показателя от потери массы

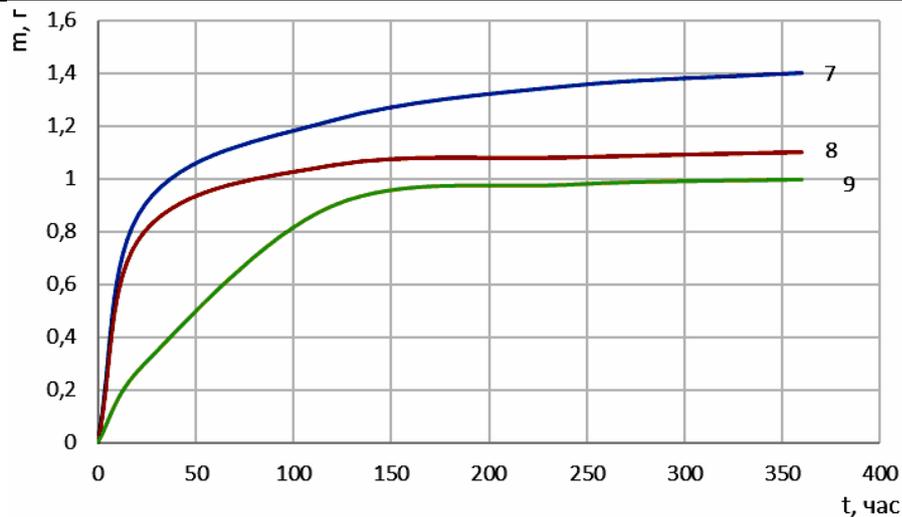


Рис.3. Накопление повреждений структуры стали классов А240 (7), А500 (8), В500 (9) по потере массы в средах 10 % FeCl₃

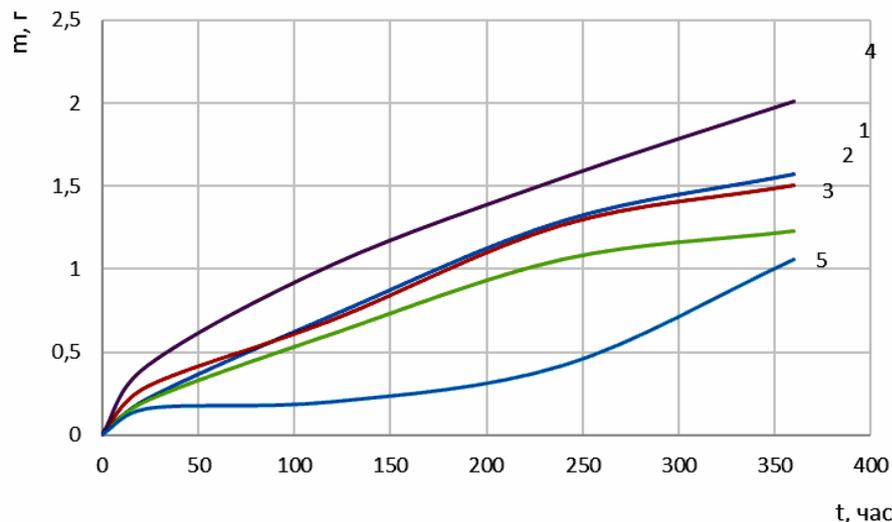


Рис. 4. Накопление повреждений структуры стали классов А240 (1,2), А500 (3,4), В500 (5,6) по потере массы в средах 3 % NaCl (1,3,5), 10 % NaCl (2,4)

Целью данной работы является определение на основе фундаментальных законов теории переноса вещества в твердом теле функциональной зависимости между глубинным показателем и длительностью действия агрессивной среды (ионов хлора).

Исследование коррозии проводилось на образцах из арматурной стали классов А 240, А 500 и В 500, которые выдерживались в 3 % и 10 % водных растворах хлористого натрия. В процессе испытаний фиксировалось изменение массы образцов через 24, 120, 240 и 360 часов экспонирования. По результатам испытаний построены графики изменения: глубинного показателя Δ во времени (см. рис.1); глубинного показателя от потери массы (см. рис.2); потери массы (накопления объема повреждений) во времени (см. рис.3, 4). Из анализа графиков, представленных на рис. 1–4, следует, что формулы (1)–(3) можно применять лишь в некотором временном интервале; функции $\Delta = f(t)$; $m = f(t)$; $\Delta = f(m)$ нельзя представить линейными зависимостями.

Поэтому рассмотрим нелинейную модель и предположим, что миграция хлор-иона от поверхности раздела «металл – электролит» происходит в соответствии с законом обобщенной проводимости, который в первом приближении выражает пропор-

циональную зависимость плотности потока j вещества (субстанции) от градиента потенциала c :

$$j = -D \operatorname{grad} C, \quad (4)$$

где D – коэффициент проводимости (диффузии); C – потенциал переноса субстанции.

В работе А.А. Герасименко [5] предложено миграцию хлор-ионов от поверхности раздела «металл – электролит» в глубь металла описывать уравнением подобного вида:

$$j_a = DF \Delta C / \delta, \quad (5)$$

где j_a – плотность потока анионов; D – коэффициент диффузии; ΔC – градиент концентрации ионов, при условии, что на поверхности $C = C_n$, на глубине $\delta - C = C_0$.

На основании закона сохранения массы потенциала уравнения (4), (5) можно записать в виде дифференциального уравнения вида:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D_m \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}, \quad (6)$$

где D_m – эффективный коэффициент проводимости (диффузии).

Это уравнение широко применяется для описания распределения концентрации влаги, температуры и т.д. по сечению изделия. В данном случае оно описывает распределение концентрации хлор-ионов от поверхности изделия вглубь посредством диффузии.

Диффузия хлор-ионов в металл осложняется одновременным протеканием химических реакций между компонентами субстанции и металла. В этом случае уравнение (6) можно записать в виде:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D_m \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - r, \quad (7)$$

где r – скорость химических реакций в заданном объеме.

Решения уравнений (6) и (7) с учетом различных граничных условий известны и рассмотрены в монографии [6].

Если предположить, что концентрация хлор-ионов в металле на поверхности изделия равна C_n и меняется до нулевого значения $C_n = 0$ на глубине x , а величина коэффициента диффузии зависит от длительности испытаний, то решение уравнения (6) можно представить функцией распределения вида:

$$\frac{C(x,t)}{C_n} = 1 - \operatorname{erf} \frac{x}{2 \sqrt{D_m \left(\frac{t}{t_m}\right)^n t}}, \quad (8)$$

где erf – интеграл ошибок; x – координата в направлении движения ионов; n – показатель степени, величина которого зависит от вида материала; t_m – кинетическая характеристика коэффициента диффузии.

Разложив интеграл ошибок в ряд, получим в первом приближении формулу для оценки распределения ионов хлора в металле:

$$\frac{C(x,t)}{C_n} = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \frac{x}{2 \sqrt{D_m \left(\frac{t}{t_m}\right)^n t}}. \quad (9)$$

Из уравнения (9) можем определить глубину зоны поражения металла хлор-ионами.

$$\Delta = x = \left[1 - \frac{C(x_1 t)}{C_n} \right] \sqrt{\pi D_m \left(\frac{t}{t_m} \right)^n} t. \quad (10)$$

Введем обозначения: $k(\xi) = \left[1 - \frac{C(x_1 t)}{C_n} \right] \sqrt{\frac{\pi}{t_m^n}}$; $k = k(\xi) \sqrt{D_m}$; $\nu = (n+1)/2$. Тогда

формулу для определения координаты x (глубинного показателя Δ) можно представить в виде:

$$\Delta = k(\xi) \sqrt{D_m t^{n+1}} = k t^\nu. \quad (11)$$

В таблице приведены экспериментальные данные, определенные в процессе выдерживания арматурной стали в средах, содержащих ионы хлора: m – изменение массы; k – скорость коррозии; Δ – глубина повреждения изделия коррозионной средой.

Графики изменения глубинного показателя Δ показывают, что его зависимость от длительности действия агрессивной среды описывается нелинейной функцией. Теоретически получена зависимость вида (11), которую можно линеаризовать в двойных логарифмических координатах:

$$\ell_n \Delta = \ell_n k + \nu \ell_n t. \quad (12)$$

Графики, построенные по экспериментальным данным в двойных логарифмических координатах (рис.5), свидетельствуют о том, что функция (11) приемлема для описания процесса изменения глубинного показателя во времени. Экспериментальные результаты хорошо ложатся на прямые, положение которых практически не зависит от класса стали, концентрации ионов хлора (см. рис.5).

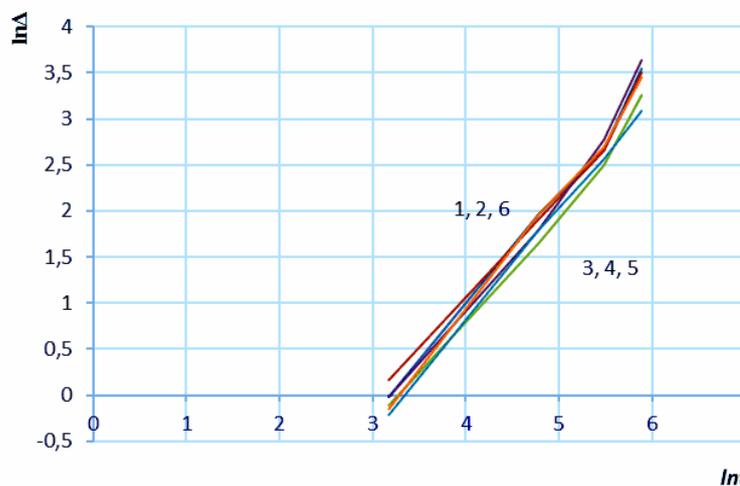


Рис.5. Линеаризация функциональной зависимости глубинного показателя Δ от длительности действия агрессивной среды

Из анализа графиков и граничных условий легко определяются значения $k=0,018$ и $\nu=1,23$. Тогда уравнение (11) примет вид:

$$\Delta = 0,018 t^{1,23}, \quad (13)$$

где t – длительность экспонирования в часах.

Полученные результаты дают возможность прогнозировать изменение под действием ионов хлора несущей способности арматурных стержней; объема ржавчины на

поверхности металла; длительности экспозиции железобетонных элементов до появления продольных трещин.

Список литературы

1. Торрент, Р. Швейцарские стандарты 2013: Передовые технические условия по характеристикам долговечности. Бетон и железобетон – взгляд в будущее / Р. Торрент, Ф. Якобе // Научные труды / III Всероссийская (II Международная) конференция по бетону и железобетону (Москва, 12-16 мая 2014 г.): в 7 т. Т. 6. Добавки для бетонов. Новые вяжущие. Наноматериалы и нанотехнологии. Проблемы устойчивого развития. «Зеленые» материалы и технологии. Техническое регулирование. – М., 2014. – С.405–415.
2. Tong L. and Nilsson. L-O «Rapid Determination of the Chloride Diffusivity in Concrete Applying an Electrical Field» *ACL Mater. J.*, v89, n, I Jan-Feb, 1992, 49-53.
3. Леонович, С.Н. Моделирование хлоридной агрессии на высококачественный бетон для обеспечения расчетного срока эксплуатации / С.Н. Леонович, А.В. Степанова // Долговечность строительных материалов изделий и конструкций: материалы Всерос. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию заслуж. деятеля науки Российской Федерации, акад. РААСН, д-ра техн. наук, проф. В.П. Селяева / редкол.: В.В. Петров [и др.]. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – С. 56–66.
4. Изучение процессов повреждения цементного камня, наполненного цеолито-содержащей породой, растворами хлористоводородной кислоты / В.П. Селяев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2014. – N7 (667). – С.32–38.
5. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: справочник: в 2т. Т.1 / под ред. А.А. Герасименко. – М.: Машиностроение, 1987. – 688 с.
6. Соломатов, В.И. Химическое сопротивление композиционных строительных материалов / В.И. Соломатов, В.П. Селяев. – М.: Стройиздат, 1987. – 264 с.

References

1. Torrent, R. Swiss standards 2013: Advanced technical conditions for the characteristics of durability / R. Torrent, F. Jakob // Concrete and reinforced concrete – glance at future / Scientific proceedings of the III all-Russian (second International) conference on concrete and reinforced concrete (Moscow, May 12-16, 2014): in 7 vol. Vol. 6. Additives for concrete. New binders. Nanomaterials and nanotechnologies. Problems of sustainable development. «Green» materials and technologies. Technical regulation. – M., 2014. – P. 405–415.
2. Tong L. and Nilsson. L-O «Rapid Determination of the Chloride Diffusivity in Concrete Applying an Electrical Field» *ACL Mater. J.*, v89, n, I, Jan-Feb, 1992, 49-53.
3. Leonovich, S.N. Modeling of chloride attacks on high quality concrete to ensure a design life / S.N. Leonovich, A.V. Stepanov // Durability of building materials, products and designs: proceedings Of All. nauch.-tech. conf., Devoting to research and development. The 70th anniversary of honoured, scientist of the Russian Federation, member of the Academy. RAASN, Dr. of sciences, Professor V. P. Selyaev / editorial board.: V.V. Petrov [and others]. – Saransk: Publishing house of Mordov. University, 2014. – P. 56–66.
4. Study of the processes of damage of cement paste filled zeolite breed solutions of hydrochloric acid / V. P. Selyaev [etc.]// News of higher educational institutions. Construction. – 2014. – N7 (667). – P. 32–38.
5. Protection against corrosion, ageing and biological damage of machinery, equipment and structures: reference: 2 vol. Vol. 1 / ed. by A. A. Gerasimenko. – M.: Mashinostroenie, 1987. – 688 p.
6. Solomatov, V.I. Chemical resistance of composite building materials / V.I. Solomatov, V P. Selyaev. – M.: Stroiizdat, 1987. – 264 p.

*Мордовский государственный университет
им. Н.П. Огарева*

Россия, 430000, г. Саранск,
ул. Большевистская, д. 24,
тел.: (8342)47-71-56; факс: (8342)47-71-56

Маштаев Олег Геннадьевич,
аспирант кафедры «Строительные
конструкции»
E-mail: oleg.mashtaev@bk.ru

Киселев Николай Николаевич,
аспирант кафедры «Строительные
конструкции»
E-mail: nicolay1992@mail.ru

Селяев Владимир Павлович,
академик РААСН, доктор технических
наук, профессор, зав. кафедрой
«Строительные конструкции»
E-mail: ntorm80@mail.ru

*Mordovian State University
named after N.P. Ogarev*

Russia, 430000, Saransk, 24,
Bolshevistskaya St.,
tel.: +7(8342)47-71-56; fax: +7(8342)47-71-56

Mashtaev Oleg Genadievich,
Postgraduate of the department «Building
designs»
E-mail: oleg.mashtaev@bk.ru

Kiselev Nikolay Nikolaevich,
Postgraduate of the department «Building
designs»
E-mail: nicolay1992@mail.ru

Seljaev Vladimir Pavlovich,
Academician of the Russian Academy of
Architectural and Construction Sciences,
Doctor of Science, Professor, Head of the
department «Building designs»
E-mail: ntorm80@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ВИДА НАПОЛНИТЕЛЯ НА ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ВАКУУМНЫХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПАНЕЛЕЙ

О.Г. Маштаев, Н.Н. Киселев, В.П. Селяев

Представлены результаты комплексных исследований по выявлению лучшего состава для наполнителя вакуумных изоляционных панелей. Изготовлены опытные образцы и измерена их эффективная теплопроводность. Проведено сравнение коэффициента теплопроводности панелей с зарубежным аналогом и другими теплоизоляционными материалами.

Ключевые слова: вакуумная изоляционная панель, дисперсный микрокремнезем, диатомит, коэффициент теплопроводности

THE INFLUENCE OF FILLER ON THE THERMAL CONDUCTIVITY OF VACUUM INSULATIVE PANELS

O.G. Mashtaev, N.N. Kiselev, V.P. Selyaev

Comprehensive research to identify the best composition for the filler vacuum insulation panels is performed. Experimental samples are made and their effective thermal conductivity is measured. A comparison of the coefficient of thermal conductivity of panels with foreign analogues and other insulation materials is made.

Keywords: vacuum heat-insulating panel, dispersed silica fume, diatomite, coefficient of thermal conductivity

Особая роль в технологии производства вакуумных изоляционных панелей отводится пористым материалам-наполнителям, которые являются многофункциональными и поликомпонентными. Исходя из функциональных требований, наполнитель должен обеспечивать: стабильные теплозащитные свойства панелей на весь срок эксплуатации, заданную форму при изготовлении и в процессе эксплуатации, воспринимать значительное внешнее давление, а также обеспечивать возможность управления созданием многоуровневой поровой структуры [1–4].

Многокомпонентный наполнитель состоит из тонкодисперсного микрокремнезема, минерального или органического волокна и специальных добавок-«замутнителей»,

блокирующего инфракрасное излучение. Количественный состав компонентов влияет на функциональные и строительно-эксплуатационные качества панелей [5]. Для оптимального подбора состава в данном экспериментальном исследовании применялось планирование по плану Коно. В качестве объектов выступили опытные образцы вакуумной изоляционной панели, наполнитель которой состоял из различных количественных комбинаций микрокремнезема и волокон:

- белая сажа БС-100 и стекловолокно;
- белая сажа БС-100 и минеральное базальтовое волокно;
- белая сажа БС-100 и хлопковое волокно;
- диатомит Атемарского месторождения и стекловолокно;
- диатомит Атемарского месторождения и минеральное базальтовое волокно;
- аморфный микрокремнезем из диатомита Атемарского месторождения и стекловолокно;
- конденсированный микрокремнезем производства ООО «Кузнецкие ферросплавы» и стекловолокно;
- модифицированный диатомит и стекловолокно;
- микрокремнезем из жидкого стекла и стекловолокно.

Для качественного сравнения был выбран образец вакуумной изоляционной панели китайского производства компании «Дейли».

В процессе исследования выполнялись измерения коэффициента теплопроводности [6] образцов вакуумной панели с помощью прибора ИТС-1, а также на лабораторной установке методом измерения плотности теплового потока согласно ГОСТ 7076-99 «Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме», ГОСТ 25380-92 «Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции». Измерения значений температур и теплового потока выполнялись прибором ИПП-2.

Цель моделирования заключалась в получении аналитических зависимостей, описывающих влияние количества компонентов наполнителя на теплоизоляционные характеристики вакуумных панелей. Полученные зависимости позволяют выбрать наилучший состав исходя их критериев теплозащиты.

Моделирование проводилось с использованием методов теории эксперимента и заключалось в определении коэффициентов регрессии полиномиального уравнения:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_{11} \cdot x_1^2 + b_{22} \cdot x_2^2 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2.$$

В качестве варьируемых факторов в эксперименте были приняты:

x_1 – количество порошка наполнителя;

x_2 – количество волокна наполнителя.

Матрица планирования эксперимента имеет следующий вид:

x_i	x_1	x_2	x_1^2	x_2^2	$x_1 \cdot x_2$
1	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0
1	0	1	0	1	0
1	-1	0	1	0	0
1	0	-1	0	1	0
1	1	1	1	1	1
1	1	-1	1	1	-1
1	-1	-1	1	1	1
1	-1	1	1	1	-1

Двухфакторный план эксперимента представлен в табл. 1-5. При реализации эксперимента в качестве выходного параметра контролировался коэффициент теплопроводности. После обработки экспериментальных данных были получены графические

зависимости изменения коэффициента теплопроводности образцов от количественного содержания порошкообразного наполнителя и волокон.

На начальном этапе эксперимента были изготовлены невакуумированные образцы с наполнителем из белой сажи БС-100 и стекловолокна. План эксперимента представлен в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Номер точек плана	В нормализованных факторах		В натуральных факторах		Выходной параметр	Вычисленный коэффициент теплопроводности [Y]	Отклонение измеренной от вычисленной
	x_1 (количество волокна)	x_2 (количество порошка)	x_1 (количество волокна)	x_2 (количество порошка)	y (коэффициент теплопроводности)		
1	0	0	15	60	0,05	0,054	-7,4 %
2	1	0	20	60	0,053	0,052	+1,92 %
3	0	1	15	65	0,049	0,049	0 %
4	-1	0	10	60	0,058	0,055	+5,45 %
5	0	-1	15	55	0,062	0,057	+8,77 %
6	1	1	20	65	0,047	0,046	+2,17 %
7	1	-1	20	55	0,052	0,055	-5,45 %
8	-1	-1	10	55	0,053	0,056	-5,36 %
9	-1	1	10	65	0,05	0,05	0 %

В результате статистической обработки было получено уравнение регрессии и вычислены его коэффициенты.

$$y = 0,054 - 0,001 \cdot x_1 - 0,004 \cdot x_2 - 0,001 \cdot x_1^2 - 0,001 \cdot x_2^2 - 0,001 \cdot x_1 \cdot x_2.$$

Коэффициенты регрессии: $b_0=0,054$; $b_1=-0,001$; $b_2=-0,004$; $b_{11}=-0,001$; $b_{22}=-0,001$; $b_{12}=-0,001$.

После обработки уравнения получаем графики, описывающие изменение коэффициента теплопроводности, а также расчетные значения коэффициента теплопроводности. Сравнение значений измеренной и расчетной теплопроводности представлено в табл. 1.

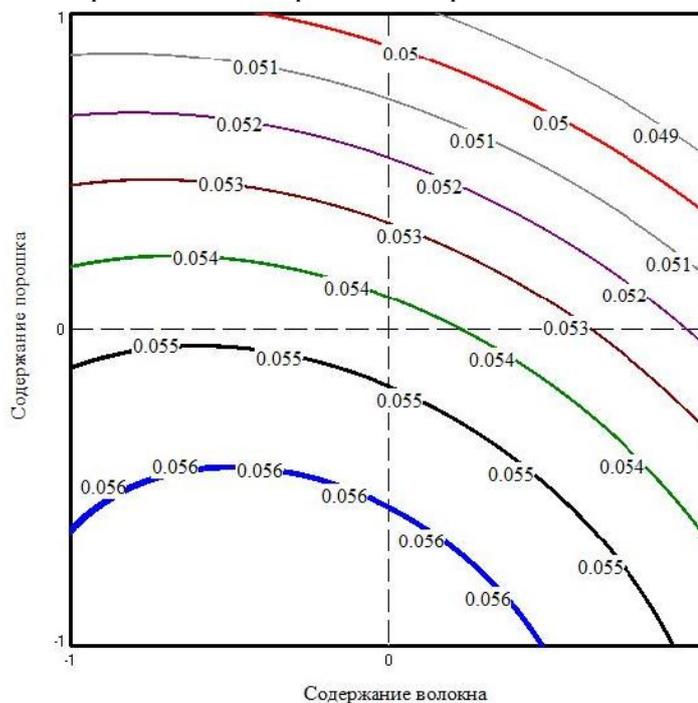


Рис. 1

Анализ полученных графических зависимостей позволяет сделать вывод о том, что наименьшим коэффициентом теплопроводности будут обладать образцы с максимальным содержанием порошка и волокон. Поэтому логично будет предположить, что при дальнейшей вакуумной упаковке данных образцов низкую теплопроводность будут иметь те, где содержание компонентов максимально.

На следующем этапе эксперимента были изготовлены вакуумированные образцы с наполнителем из белой сажи БС-100 и минерального базальтового волокна. План эксперимента представлен в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Номер точек плана	В нормализованных факторах		В натуральных факторах		Выходной параметр у (коэффициент теплопроводности)	Вычисленный коэффициент теплопроводности [Y]	Отклонение измеренной от вычисленной
	x ₁ (количество волокна)	x ₂ (количество порошка)	x ₁ (количество волокна)	x ₂ (количество порошка)			
1	0	0	10	125	0,016	0,014	+14,29 %
2	1	0	15	125	0,014	0,014	0 %
3	0	1	10	150	0,01	0,014	-28,57 %
4	-1	0	5	125	0,011	0,014	-21,43 %
5	0	-1	10	100	0,014	0,012	+16,67 %
6	1	1	15	150	0,016	0,015	+6,67 %
7	1	-1	15	100	0,01	0,012	-16,67 %
8	-1	-1	5	100	0,012	0,012	0 %
9	-1	1	5	150	0,017	0,014	+21,43 %

В результате статистической обработки было получено уравнение регрессии и вычислены его коэффициенты.

$$y = 0,014 + 0,000 \cdot x_1 + 0,001 \cdot x_2 + 0,000 \cdot x_1^2 + 0,000 \cdot x_2^2 + 0,000 \cdot x_1 \cdot x_2.$$

Коэффициенты регрессии: $b_0=0,014$; $b_1=0,000$; $b_2=0,001$; $b_{11}=0,000$; $b_{22}=0,000$; $b_{12}=0,000$.

После обработки уравнения получаем графики, описывающие изменение коэффициента теплопроводности, а также расчетные значения коэффициента теплопроводности. Сравнение значений измеренной и расчетной теплопроводности представлено в табл. 2.

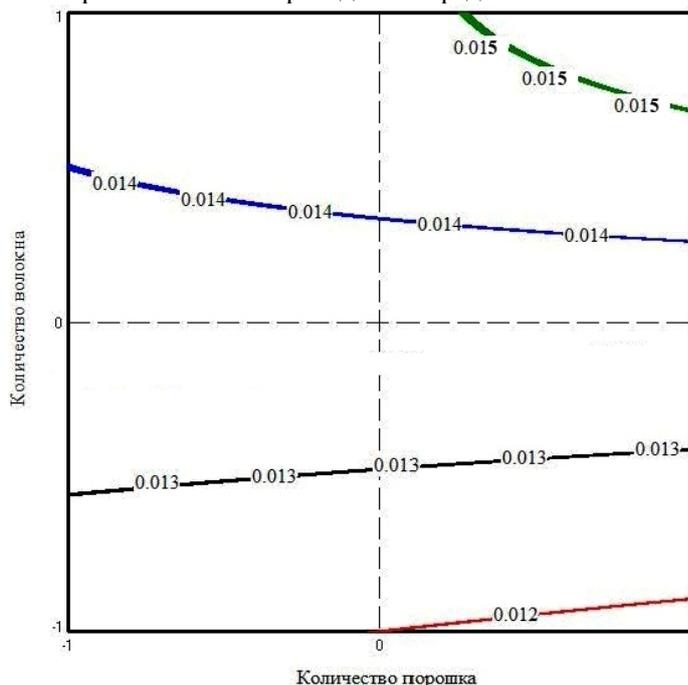


Рис. 2

Полученные графические зависимости говорят о том, что наименьшим коэффициентом теплопроводности обладают образцы с максимальным содержанием порошка и минимальным содержанием волокон. Из этого следует, что наибольшее влияние на теплопроводность оказывает количество порошка. Содержание волокон в данном случае влияет незначительно, и они выполняют лишь связующую функцию в наполнителе.

В продолжение эксперимента были изготовлены вакуумированные образцы с наполнителем из белой сажи БС-100 и хлопкового волокна. План эксперимента представлен в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Номер точек плана	В нормализованных факторах		В натуральных факторах		Выходной параметр у (коэффициент теплопроводности)	Вычисленный коэффициент теплопроводности [Y]	Отклонение измеренной от вычисленной
	x_1 (количество волокон)	x_2 (количество порошка)	x_1 (количество волокон)	x_2 (количество порошка)			
1	0	0	5	90	0,008	0,007	+14,29 %
2	1	0	7,5	90	0,01	0,011	-9,1 %
3	0	1	5	92,5	0,008	0,009	-11,1 %
4	-1	0	2,5	90	0,008	0,009	-11,1 %
5	0	-1	5	87,5	0,01	0,011	-9,1 %
6	1	1	7,5	92,5	0,012	0,012	0 %
7	1	-1	7,5	87,5	0,015	0,015	0 %
8	-1	-1	2,5	87,5	0,012	0,012	0 %
9	-1	1	2,5	92,5	0,011	0,011	0 %

В результате статистической обработки было получено уравнение регрессии и вычислены его коэффициенты.

$$y = 0,007 + 0,001 \cdot x_1 - 0,001 \cdot x_2 + 0,002 \cdot x_1^2 + 0,002 \cdot x_2^2 - 0,001 \cdot x_1 \cdot x_2.$$

Коэффициенты регрессии: $b_0=0,007$; $b_1=0,001$; $b_2=-0,001$; $b_{11}=0,002$; $b_{22}=0,002$; $b_{12}=-0,001$.

После обработки уравнения получаем графики, описывающие изменение коэффициента теплопроводности, а также расчетные значения коэффициента теплопроводности. Сравнение значений измеренной и расчетной теплопроводности представлено в табл. 3.

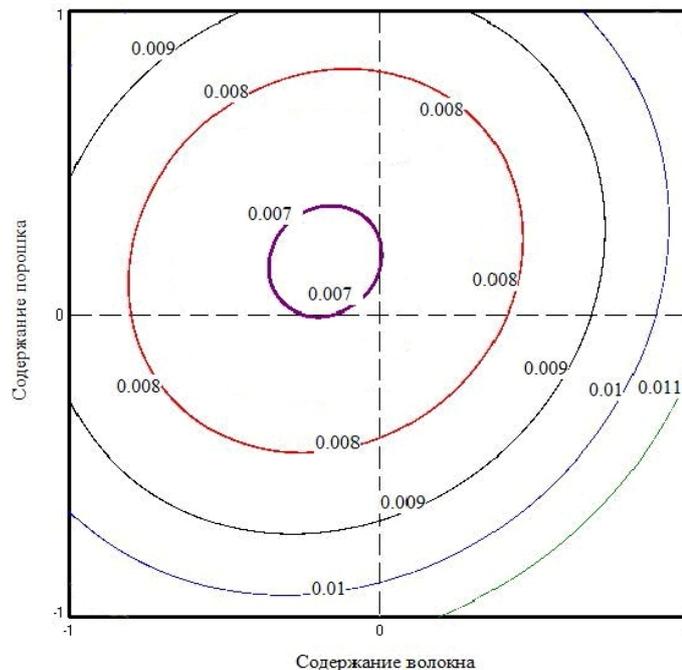


Рис. 3

Из анализа полученных графиков следует, что наименьшим коэффициентом теплопроводности обладают образцы со средним содержанием порошка и волокон. Это соответствует нулевым значениям на графике.

В следующей части эксперимента применялся другой вид порошка. Были изготовлены вакуумированные образцы с наполнителем из Атемарского диатомита и стекловолокна. План эксперимента представлен в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Номер точек плана	В нормализованных факторах		В натуральных факторах		Выходной параметр	Вычисленный коэффициент теплопроводности [Y]	Отклонение измеренной от вычисленной
	x_1 (количество волокна)	x_2 (количество порошка)	x_1 (количество волокна)	x_2 (количество порошка)	y (коэффициент теплопроводности)		
1	0	0	7	125	0,02	0,016	+25 %
2	1	0	9	125	0,019	0,021	-9,52 %
3	0	1	7	150	0,01	0,014	-28,57 %
4	-1	0	5	125	0,015	0,016	-6,25 %
5	0	-1	7	100	0,019	0,019	0 %
6	1	1	9	150	0,02	0,018	+11,1 %
7	1	-1	9	100	0,026	0,026	0 %
8	-1	-1	5	100	0,018	0,018	0 %
9	-1	1	5	150	0,019	0,017	+11,76 %

В результате статистической обработки было получено уравнение регрессии и вычислены его коэффициенты.

$$y = 0,016 + 0,002 \cdot x_1 - 0,002 \cdot x_2 + 0,003 \cdot x_1^2 + 0,001 \cdot x_2^2 - 0,002 \cdot x_1 \cdot x_2 .$$

Коэффициенты регрессии: $b_0=0,016$; $b_1=0,002$; $b_2=-0,002$; $b_{11}=0,003$; $b_{22}=0,001$; $b_{12}=-0,002$.

После обработки уравнения получаем графики, описывающие изменение коэффициента теплопроводности, а также расчетные значения коэффициента теплопроводности. Сравнение значений измеренной и расчетной теплопроводности представлено в табл. 4.

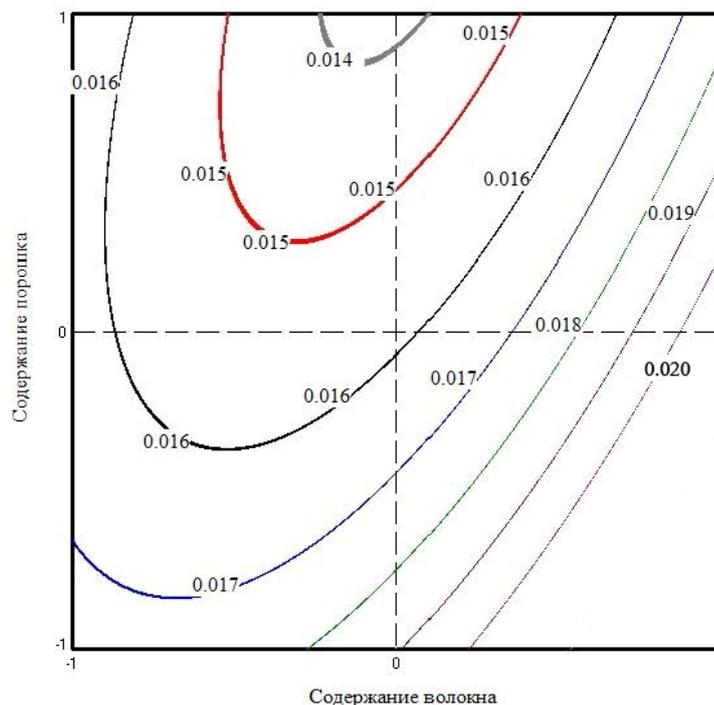


Рис. 4

Судя по полученным графическим кривым, можно сделать вывод, что наименьшим коэффициентом теплопроводности обладают образцы с максимальным содержанием порошка и средним содержанием волокон.

Следующим видом образцов, испытываемых в ходе эксперимента, были вакуумированные образцы с наполнителем из Атемарского диатомита и минерального базальтового волокна. План эксперимента представлен в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Номер точек плана	В нормализованных факторах		В натуральных факторах		Выходной параметр у (коэффициент теплопроводности)	Вычисленный коэффициент теплопроводности [У]	Отклонение измеренной от вычисленной
	x_1 (количество волокна)	x_2 (количество порошка)	x_1 (количество волокна)	x_2 (количество порошка)			
1	0	0	20	225	0,025	0,026	-3,85 %
2	1	0	25	225	0,024	0,031	-22,58 %
3	0	1	20	250	0,018	0,019	-5,26 %
4	-1	0	15	225	0,036	0,029	+24,14 %
5	0	-1	20	200	0,025	0,023	+8,69 %
6	1	1	25	250	0,023	0,019	+21 %
7	1	-1	25	200	0,036	0,033	+9,1 %
8	-1	-1	15	200	0,017	0,021	-19,05 %
9	-1	1	15	250	0,025	0,028	-10,71 %

В результате статистической обработки было получено уравнение регрессии и вычислены его коэффициенты.

$$y = 0,026 + 0,001 \cdot x_1 - 0,002 \cdot x_2 + 0,004 \cdot x_1^2 - 0,004 \cdot x_2^2 - 0,005 \cdot x_1 \cdot x_2.$$

Коэффициенты регрессии: $b_0=0,026$; $b_1=0,001$; $b_2=-0,002$; $b_{11}=0,004$; $b_{22}=-0,004$; $b_{12}=-0,005$.

После обработки уравнения получаем графики, описывающие изменение коэффициента теплопроводности, а также расчетные значения коэффициента теплопроводности. Сравнение значений измеренной и расчетной теплопроводности представлено в табл. 5.

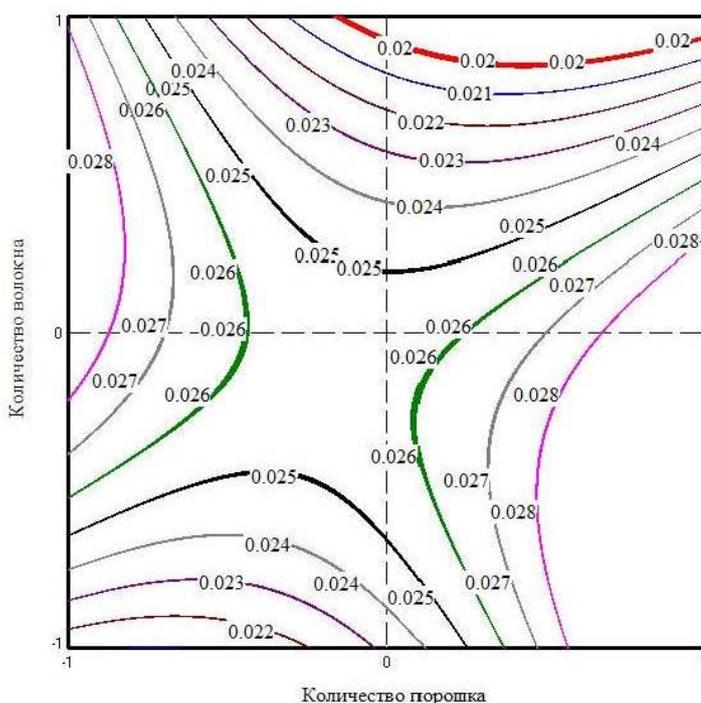


Рис. 5

Анализ полученных графических зависимостей позволяет сделать вывод о том, что наименьшим коэффициентом теплопроводности обладают образцы с максимальным содержанием порошка и волокон.

Полученные результаты испытаний дают основания считать, что наилучшим составом является тот, где содержание порошка-наполнителя максимально. Количество волокна не оказывает большого влияния на теплопроводность и служит, в основном, как связующее. С учетом данных факторов для сравнения были изготовлены еще несколько образцов с другими видами микрокремнезема. Коэффициент теплопроводности опытных панелей, а также других материалов представлен в табл. 6

Т а б л и ц а 6

Название образца	Размеры, мм	Средняя плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/м·°С
Белая сажа БС-100 + стекловолокно (невакуумированный)	141×125×11	445	0,05
Белая сажа БС-100 + минеральное базальтовое волокно	140×125×10	431	0,017
Белая сажа БС-100 + хлопковое волокно	140×125×10	413	0,015
Аморфный микрокремнезем + стекловолокно	160×140×12,5	432	0,015
Диатомит + стекловолокно	160×140×10	731	0,026
Диатомит + минеральное базальтовое волокно	160×140×11	702	0,036
Микрокремнезем из жидкого стекла + стекловолокно	160×140×10	670	0,016
Модифицированный диатомит + стекловолокно	160×140×10	650	0,012
Конденсированный микрокремнезем + стекловолокно	160×140×10	598	0,009
Экструдированный пенополистирол	140×125×9	30,6	0,018
Пенопласт	140×125×18,5	25	0,022
Две плитки белой сажи БС-100	140×120×25	460	0,005
Белая сажа БС-100 + пенополистирол	140×120×22,5	-	0,008
ВИП «Дейли» (Китай)	200×200×10	-	0,005
ВИП «Дейли» огнестойкий (Китай)	200×200×10	-	0,008

По результатам проведенного экспериментального моделирования можно сделать следующие выводы:

1. Установлено, что наиболее подходящим микрокремнеземом для наполнителя вакуумированных панелей является белая сажа БС-100 и конденсированный микрокремнезем. Однако, ввиду их дороговизны, рекомендуемым материалом может выступать диатомит, который после соответствующей обработки, в частности, более тонкого помола и очищения от примесей, дает схожие с вышеперечисленными микрокремнеземами результаты. Свидетельством этому является теплопроводность образца из модифицированного диатомита.

2. Наиболее эффективным из использованных видов волокон является хлопковое волокно. Однако оно имеет органическое происхождение, и поэтому подвержено горению. Учитывая данный фактор, при изготовлении панелей рекомендуется применять стекловолокно.

Список литературы

1. Васильев, Л.Л. Теплопроводность неметаллических зернистых систем / Л.Л. Васильев // Строительная теплофизика. – М.; Л.: Энергия, 1966. – С. 48–56.
2. Дульнев, Г.Н. Теплопроводность моно- и полидисперсных зернистых материалов / Г.Н. Дульнев, Г.В. Сигалова // Строительная теплофизика. – М.; Л.: Энергия, 1966. – С. 40–47.
3. Полиструктурная модель теплопроводности материала на основе дисперсного микрокремнезема / В.П. Селяев [и др.] // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – №2(13). – С. 5–11.
4. Теплоизоляционные свойства материалов на основе тонкодисперсных минеральных порошков / В.П. Селяев [и др.] // Строительные материалы. – 2013. – № 1. – С. 61–63.
5. Селяев, В.П. Возможность создания теплоизоляционных материалов на основе наноструктурированного микрокремнезема из диатомита / В.П. Селяев [и др.] // Наука: 21 Век. – 2011. – № 3(15). – С. 76–86.
6. Определение коэффициента теплопроводности нанопорошков диоксида кремния / С. Бардаханов, А. Зарьялов, К. Зобов, В. Лысенко // Наноиндустрия. – 2008. – № 5. – С. 24–26.

References

1. Vasiliev, L.L. The thermal conductivity of non-metallic granular systems / L.L. Vasiliev // Building physics. – M.; L.: Energiya, 1966. – P. 48–56.
2. Dulnev, G.N. The thermal conductivity of mono- and polydisperse granular materials / G.N. Dulnev, G.V. Sigalov // Building physics. – M.; L.: Energiya, 1966. – P. 40–47.
3. Polystructural model the thermal conductivity of the material on the basis of particulate fume / V.P. Selyaev [etc.] // Regional Architecture and Engineering. – 2012. – No. 2(13). – P. 5–11.
4. Insulating properties of materials on the basis of fine mineral powders / V.P. Selyaev [etc.] // Construction Materials. – 2013. - No. 1. – P. 61–63.
5. Ability to create a heat-insulating materials based on nanostructured silica fume diatomite / V.P. Selyaev [etc.] // Nauka: 21 Vek. – 2011. – No. 3(15)/ P. 76–86.
6. Determination of the coefficient of thermal conductivity nano-silica / S. Bardakhanov, A. Zar'yalov, K. Zobov, V. Lysenko // Nanoindustriya. – 2008. – No. 5. – P. 24–26.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Гусев Николай Иванович,
кандидат технических наук, профессор
кафедры «Управление качеством
и технология строительного производства»

Кочеткова Майя Владимировна,
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Управление качеством
и технология строительного производства»
E-mail: M.V.Kochetkova@mail.ru

Гончаренко Ольга Андреевна,
студентка

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Gusev Nikolai Ivanovich,
Candidate of Sciences, Professor of the
department «Quality management and
Technology of construction production»

Kochetkova Maya Vladimirovna,
Candidate of Sciences, Associate Professor of
the department «Quality management and
technology of building production»
E-mail: M.V.Kochetkova@mail.ru

Гончаренко Ольга Андреевна,
student

МОРОЗОСТОЙКОСТЬ ЗАЩИТНО-ОТДЕЛОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ НАРУЖНЫХ СТЕН ИЗ ПЕНОБЕТОНА

Н.И. Гусев, М.В. Кочеткова, О.А. Гончаренко

Приведена методика испытания пенополимерцементных материалов для защитно-отделочных покрытий наружных стен из пенобетона. Показан состав пригодного по морозостойкости материала для отделки наружных стен.

Ключевые слова: пенополимерцементный раствор на основе синтетического латекса SKS-65ГП, цикл морозостойкости, результаты испытаний при разном числе циклов

FROST RESISTANCE OF FINISHING COATINGS OF EXTERIOR WALLS MADE FROM FOAMCONCRETE

N.I. Gusev, M.V. Kochetkova, O.A. Goncharenko

The technique of testing foampolimertcementn materials for protective and decorative coatings of exterior walls made from foamconcrete is given. Composition suitable for frostresistant material for exterior walls finishing is shows.

Keywords: foampolimertcementn solution based on synthetic latex SKS-65GP, frost cycle, the test results at different numbers of cycles

Моделировать долговечность защитного покрытия в атмосферных условиях следует по ряду показателей, важнейший среди которых – знакопеременные температуры. Замерзающая в порах материала влага наиболее быстро по сравнению с другими воздействиями расшатывает его структуру. Вот почему к морозостойкости предъявляются высокие требования. Согласно этим требованиям защитно-отделочные слои должны выдерживать не менее 35 циклов переменного замораживания и оттаивания без снижения прочности при сжатии и ухудшения сцепления с пенобетоном более чем на 20 %.

Нами изучалось влияние замораживания и оттаивания непосредственно на пенополимерцементный раствор, а также на его сцепление с пенобетоном, который можно применять в наружных покрытиях. Было установлено, что пенополимерцементный раствор на основе поливинилацетата имеет более высокую морозостойкость. Однако водная среда ухудшает стойкость материала к знакопеременным температу-

рам, и применение вместо поливинилацетата менее гидрофильных полимеров, например латексов, должно повысить морозостойкость и полимербетона. Этому способствует эластичность каучукцементов и их пониженное водопоглощение. При введении полимера в пенобетон одновременно с прочностью возрастает и его морозостойкость. Использование полимеров ведет к модификации пор и перераспределению напряжений, возникающих при замерзании влаги. И здесь как раз сказываются гидрофильные качества полимера. При набухании глобулы полимера заполняют поры, закрывая доступ жидкости, увеличивающейся в объеме при замерзании, что и подтвердилось в наших исследованиях.

Образцы 5×5×5 см в одном цикле замораживали до -18°С – 20°С и оттаивали при полном погружении в воду на 4 часа. Результаты испытания представлены в таблице. Испытание на морозостойкость образцов с латексом СКС-65ГП производили после 14-суточного хранения при температуре +18°С – 20°С и влажности 55-60 %, все остальные образцы – после 28-суточного хранения. Динамический модуль упругости E_d определяли при естественной влажности образцов с помощью ультразвука.

Раствор без полимерной добавки в результате незначительной водоудерживающей способности не имел необходимого для гидратации цемента запаса влаги. Поэтому при водонасыщении, в ходе замораживания и оттаивания, процесс гидратации интенсифицируется, что способствует дополнительному повышению прочности. Нарастание прочности было отмечено до 50 циклов, затем деструктивные процессы стали превалировать.

Полимер	П:Ц	Объемная масса кг/м ³	Значения $R_{СЖ}$ и E_d (МПа)					
			0 циклов		25 циклов		50 циклов	
			$R_{СЖ}$	E_d	$R_{СЖ}$	E_d	$R_{СЖ}$	E_d
–	0	1510	42	9850	61	8900	62	7220
ПВАД	0,07	1502	57	9320	63	9820	46	6740
	0,10	1595	76	9010	К 25 циклам разрушились			
	0,20	1580	118	8120	К 25 циклам разрушились			
СКС-65ГП	0,07	1478	45	9400	65	8770	76	8900
	0,10	1518	59	7805	72	7340	71	6440
	0,20	1455	56	6870	38	6800	35	6160

Образцы с ПВАД на первых 10 циклах не показывали никаких изменений. Затем, сначала на образцах с П:Ц=0,20, а потом и П:Ц=0,10 появились вдоль ребер трещины. К 20 циклам образцы начали разрушаться. Образцы с П:Ц=0,07 подобно образцам без полимера сначала показали увеличение прочности, а затем ее уменьшение после 25 циклов. Таким образом, поризованный полимерраствор за счет размягчения и разбухания поливинилацетата, частичного его вымывания, а также за счет неравномерного увеличения линейных размеров образцов, которое может составлять до 1,4 %, выдерживает не более 10-20 циклов.

Более надежные к воздействию воды каучукцементы лучше сопротивляются и замораживанию–оттаиванию. Раствор с СКС-65ГП показал высокую морозостойкость. Образцы с П:Ц=0,07 обнаружили признаки, характерные продолжающейся гидратации. При замораживании и оттаивании их прочность продолжала возрастать до 50 циклов, а затем начала снижаться. В образцах же с П:Ц=0,15–0,20 цемент почти полностью прогидратировал в период твердения образцов в воздушно-сухих условиях, поэтому нарастания прочности не наблюдалось. Однако их морозостойкость была высокой.

Внешне образцы не претерпевают почти никаких изменений. Острые грани слегка притупляются, очевидно, больше от механических повреждений. Максимальная потеря в весе составляет 3,7 % для П:Ц=0,20, обычно же 1,5–2 %. Таким образом, пенополимерцементные растворы на основе СКС-65ГП можно считать вполне морозостойкими.

Изменение сцепления пенополимерцементных растворов с пенобетоном в результате замораживания и оттаивания проверяли на двухслойных образцах. На кубы 10x10x10 см укладывался раствор толщиной 18–20 мм. Поверхность раствора после его схватывания циклевали до обнажения внутренней структуры фактурного слоя. После выдерживания образцов при температуре +18-20°C и влажности 55-60 % в течение 28 дней, а образцов с латексом СКС-НП – 14 дней, их 56 часов насыщали водой при полном погружении. Цикл испытания состоял: из замораживания при температуре -17÷19°C и оттаивания в воде в течение 4 часов. Через 15,25 и 35 циклов образцы высушивали до постоянного веса и испытывали на прочность сцепления. Характер изменения прочности сцепления в зависимости от количества полимера при различной продолжительности испытания существенных отличий не имеет.

Как и предполагалось, значительная разница в усадочных деформациях пенобетона и растворов с ПВАД привели к быстрому ухудшению сцепления. При его высокой исходной прочности порядка 5 МПа к 15 циклам сцепление было уже нарушено. Только у раствора с малым содержанием полимера (П:Ц=0,07), отслоение произошло только после 25 циклов, хотя и наблюдалось значительное снижение прочности сцепления. Раствор без полимера, за счет возобновления при водонасыщении гидратации цемента несколько повысил прочность сцепления, но к 30 циклам также произошло отслоение. Удовлетворительную морозостойкость показал латекс СКС-65ГП. Однако при П:Ц >0,15 сцепление ухудшается. Причиной этого, на наш взгляд, является образование каучуковой пленки на границе контакта материалов, обладающей достаточной водонепроницаемостью. При замораживании водонасыщенного образца, влага, мигрируя к переохлаждаемым наружным поверхностям, встречает на своем пути каучуковую пленку и скапливается в приграничной зоне пенобетона. Замерзание этой влаги и является причиной дефекта.

В ходе многочисленных испытаний двухслойных образцов на морозостойкость можно сделать вывод, что прочность сцепления зависит от ряда факторов, как-то: степени чистоты, обеспыленности поверхности пенобетона, степени его увлажнения, состояния фактуры поверхности, подвижности наносимого раствора, его объемной массы и способа нанесения.

Следует учитывать влияние морозостойкости самого пенобетона на достоверность получаемых результатов. Уже к 25-30 циклам в пенобетоне наблюдаются значительные разрушения по граням и в приграничной зоне. Более морозостойкий пенополимерцементный раствор не меняет при этом своей формы.

В целом можно сделать вывод об удовлетворительной морозостойкости пенополимерцементного раствора на основе латекса СКС-65ГП при П:Ц=0,10.

Список литературы

1. Щеглова, А.С. Задачи исследования защитных свойств полимерцементных поризованных растворов для стен из пенобетона / А.С. Щеглова, Н.И. Гусев, М.В. Кочеткова // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – №10–1(42). – С.125–128.
2. Кочеткова, М.В. Предпосылки к выбору оптимальных композиций пенополимерцементных составов для защитно-отделочных покрытий стен из пенобетона / М.В. Кочеткова, Н.И. Гусев, Е.С. Аленкина // Современная техника и технологии. – 2014. – №12 (40). – С. 115–118.
3. Гусев, Н.И. Исследование намачивания и высушивания пенополимерцементных растворов для защиты покрытий из пенобетона / Н.И. Гусев, К.С.Паршина // Современная техника и технологии. – 2014. – №12 (40). – С. 86–89.
4. Гусев, Н.И. Прочностные показатели полимерцементных композитов для наружного покрытия стен из пенобетона / Н.И. Гусев, М.В. Кочеткова, К.С. Паршина // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №4. – С. 36–40.

5. Гусев, Н.И. Прочность сцепления пенополимерцементных растворов с пенобетонными наружными стенами отапливаемых зданий / Н.И. Гусев, М.В. Кочеткова, К.С. Паршина // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №4. – С. 52–57.

6. Гусев, Н.И. Методика исследований физико-механических свойств пенополимерцементных растворов для защиты наружных стен из пенобетона / Н.И. Гусев, М.В. Кочеткова, А.С. Щеглова // Современная техника и технологии. – 2014. – №12(40). – С.36–40.

References

1. Shcheglova, A.S. Objectives of the study of protective properties of polymer-porous solutions for the walls of the foam / A.S. Shcheglova, N.I. Gusev, M.V. Kochetkova // Modern scientific research and innovation. – 2014. – №10-1 (42). – P.125–128.

2. Kochetkova, M.V. Background to the selection of optimum compositions penopolimertsementnyh compositions for protective and decorative coatings wall of foam / M.V. Kochetkov, N.I. Gusev, E.S. Alenkina // Modern techniques and technology. – 2014. – №12 (40). – P. 115–118.

3. Gusev, N.I. Research penopolimertsementnyh soaking and drying solutions for the protection of pavements from foam / N.I. Gusev, K.S. Parshina // Modern techniques and technology. – 2014. – №12 (40). – P 86–89.

4. Gusev N.I. Strength performance polymer-matrix composites for exterior wall covering of the foam / N.I. Gusev, M.V. Kochetkova, K.S. Parshina // Regional architecture and engineering. – 2014. – №4. – P.36–40.

5. Gusev, N.I. Bond strength penopolimertsementnyh solutions with foam concrete exterior walls of heated buildings / N.I. Gusev, M.V. Kochetkova, K.S. Parshina // Regional architecture and engineering. – 2014. – №4. – P.52–57.

6. Gusev, N.I. Research Methods of physical and mechanical properties penopolimertsementnyh solutions to protect the outer walls of the foam / N.I. Gusev, M.V. Kochetkova, A.S. Shcheglova // Modern techniques and technology. – 2014. – №12 (40). – P.36–40.

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Логанина Валентина Ивановна,
доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Управление качеством
и технология строительного производства»
E-mail: loganin@mai.ru

Жегера Кристина Владимировна,
аспирант кафедры «Управление качеством
и технология строительного производства»
E-mail: jegera@yandex.ru

Болдырев Сергей Александрович,
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Строительные конструкции»
E-mail: boldyrev-s@ya.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Loganina Valentina Ivanovna,
Doctor of Sciences, Professor,
Head of the department «Quality
management and construction technologies»
E-mail: loganin@mai.ru

Zhegera Christina Vladimirovna,
Postgraduate of the department «Quality
management and construction technologies»
E-mail: jegera@yandex.ru

Boldyrev Sergey Alexandrovich,
Candidate of Sciences, Associate professor of
the department «Building constructions»
E-mail: boldyrev-s@ya.ru

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КОНТРОЛЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ

В.И. Логанина, К.В. Жегера, С.А. Болдырев

Представлены результаты расчета касательных напряжений, возникающих в слое плиточного клея на цементной основе, для климатических условий г. Пензы. Описана методика определения прочности сцепления на сдвиг. Показано, что клеевой слой стоек к отслаиванию.

Ключевые слова: сухие строительные смеси, прочность сцепления на сдвиг, касательные напряжения

IMPROVEMENT OF RELIABILITY CONTROL OF FINISHING WORKS

V.I. Loganina, Ch.V. Zhegera, S.A. Boldyrev

Calculation of shear stresses arising in a layer of tile adhesive on cement basis for the climatic conditions of Penza is given. A method of determining shear bond strength is described. It is shown that the adhesive layer is resistant to separation.

Keywords: dry mixes, the adhesive strength of the shear, the shear stresses

Одним из основных показателей при оценке качества отделочных покрытий, клеевых слоев является прочность сцепления с подложкой. В настоящее время существует несколько методов определения прочности сцепления: испытание на отрыв, метод решетчатых надрезов, метод отслаивания, метод параллельных надрезов и т.д. [1–3]. Однако анализ напряженного состояния отделочного слоя свидетельствует, что в зоне сцепления возникают касательные напряжения, которые могут являться причиной отслаивания покрытий [4–7]. В связи с этим для оценки стойкости покрытий к отслаиванию необходимо сопоставить значения касательных напряжений и прочности сцепления на сдвиг. Стойкость к отслаиванию будет обеспечена, если будет выполнено условие

$$\sigma_{xz} < R_s, \quad (1)$$

где σ_{xz} – касательные напряжения, МПа; R_s – прочность сцепления на сдвиг, МПа.

Нами было оценено напряженное состояние клеевого слоя на основе цементной сухой строительной смеси, содержащей портландцемент, сурский кварцевый песок фракций 0,63-0,315; 0,315-0,14 в соотношении 80:20 (%) и насыпной плотностью 1538,2 кг/м³, синтетические алюмосиликаты, пластификатор Кратасол, редиспергируемый порошок Neolith P4400 [8]. Для расчета была выбрана следующая схема (рис.1). Расчет напряжений проводился с помощью универсальной программной системы конечно-элементного анализа Mechanical APDL (ANSYS).

В качестве стенового материала принят керамзитобетон с плотностью $\rho = 1600$ кг/м³ и коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,58$ Вт/(м⁰С). В качестве облицовочного материала использовалась керамическая плитка плотностью $\rho = 2600$ кг/м³ с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 1,2$ Вт/(м⁰С). Плиточный клей на цементной основе с применением в рецептуре алюмосиликатной добавки имеет плотность, равную $\rho_{\text{нас}} = 1110$ кг/м³, и коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,58$ Вт/(м⁰С).

На рис.2 представлены значения касательных напряжений σ_{xz} , возникающих в течение года для г. Пензы, находящегося в зоне влажности – 3 (сухая) и в климатическом районе – II В [9–11]. Выявлено, что максимальные касательные напряжения в клеевом слое на границе с керамзитобетоном наблюдаются в феврале, составляющие $\sigma_{xz} = 0,11$ МПа, и в сентябре – на границе с керамической плиткой – $\sigma_{xz} = 0,29$ МПа.

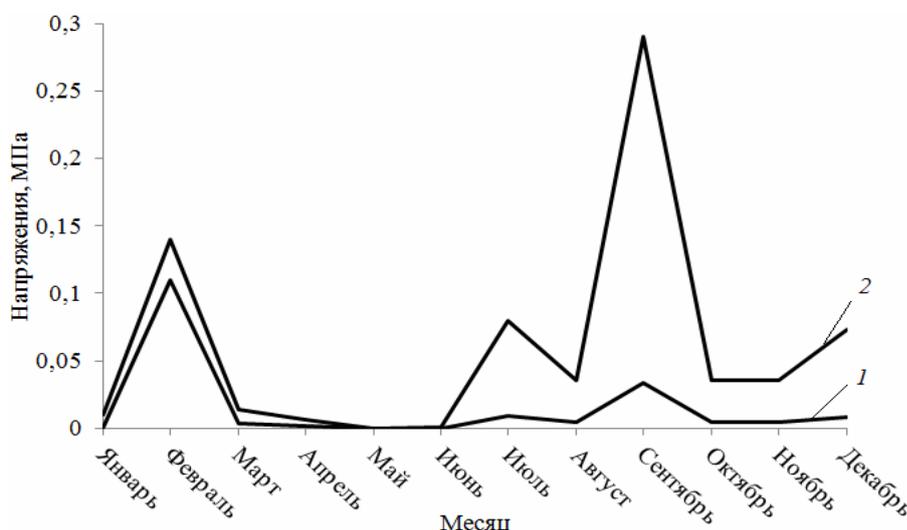


Рис.2. Изменение касательных напряжений σ_{xz} в клеевом слое в течение года для г. Пензы: 1 – на границе с керамзитобетоном (рис.1, линия *OB*); 2 – на границе с керамической плиткой (рис.1, линия *AC*).

Максимальные касательные напряжения по толщине клеевого шва (рис.1, линия *BC*) наблюдаются в сентябре и составляют $\sigma_{xz} = 0,29$ МПа.

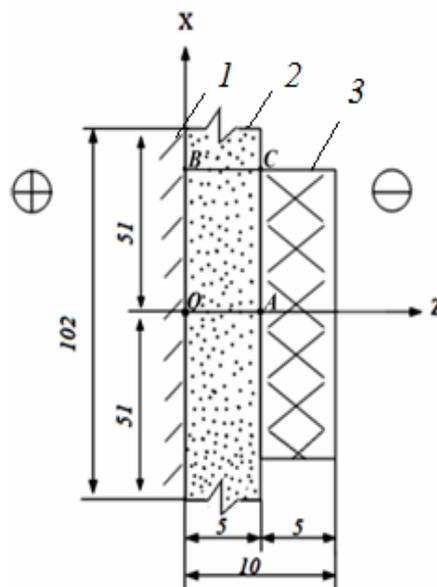


Рис.1. Расчетная схема ограждающей конструкции:
1 – керамзитобетон; 2 – слой плиточного клея на цементной основе;
3 – керамическая плитка

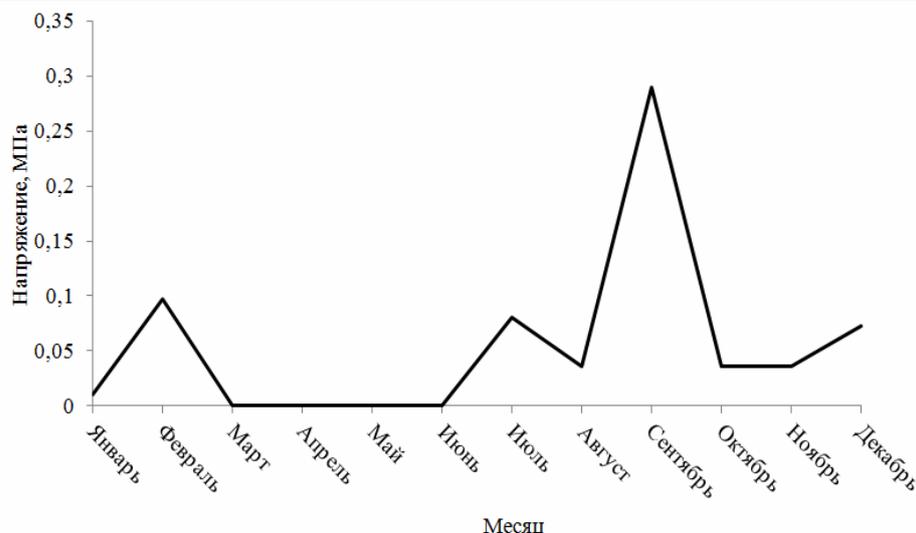


Рис.3. Изменение касательных напряжений σ_{xz} по толщине клеевого слоя в краевой зоне в течение года (г. Пенза)

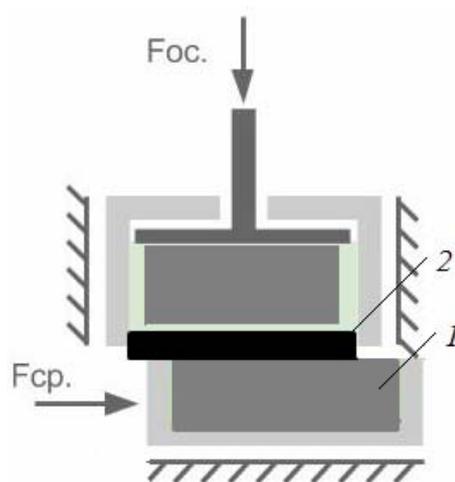


Рис. 4. Схема испытания образцов на сдвиг:
1 – подложка; 2 – исследуемый состав

Полученные значения касательных напряжений были сопоставлены со значением прочности сцепления на сдвиг. Прочность сцепления на сдвиг определяли с помощью прибора ГТ 2.2.3 производства ООО «НПП «Геотек» [12]. Механизм работы прибора ГТ 2.2.3 заключается в создании в испытательной установке горизонтальной срезающей нагрузки на образец (рис. 4).

Скорость сдвига растворного слоя на основе плиточного цементного клея составляла 0,2 мм/мин.

Сравнение полученных значений максимальных касательных напряжений σ_{xz} , возникающих в клеевом слое, со значением прочности сцепления на сдвиг плиточного клея на цементной основе, равной $R_s = 0,55 \text{ МПа}$, показало, что возникающие в клеевом слое касательные напряжения не превышают значения прочности сцепления на сдвиг, т.е. клеевой шов на основе разработанного состава ССС стоек к отслаиванию.

Применение описанной выше методики определения прочности сцепления на сдвиг наряду с методом определения прочности сцепления на отрыв позволит повысить надежность контроля качества выполнения отделочных работ.

Список литературы

1. ГОСТ 15140-78. Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии. . – М.: Изд-во: Изд-во стандартов, 1978. – 10 с.
2. ГОСТ 28089-2012. Конструкции строительные стеновые. Метод определения прочности сцепления облицовочных плиток с основанием. – М.: Изд-во «Стандартинформ», 2013. – 12 с.
3. ГОСТ 28574-2014. Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Методы испытаний адгезии защитных покрытий. – М.: Изд-во «Стандартинформ», 2015. – 15 с.
4. Орентлихер, Л.П. О характере разрушения лакокрасочных покрытий цементных бетонов / Л.П. Орентлихер, В.И. Логанина, А.А. Федосеев // Жилищное строительство. – 2002. – № 11. – С. 16–17.
5. Логанина, В.И. Оценка напряженного состояния отделочного слоя на основе состава с применением синтезированных алюмосиликатов / В.И. Логанина, С.Н. Кислицына, М.В. Арискин, З.Н. Родионова, М.А. Садовникова // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2014. – № 2. – С. 71–73.
6. Логанина, В.И. Статистическое управление производством строительных изделий / В.И. Логанина, Б.Б. Хрусталева, Т.В. Учаева. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 1, № 3 (61). – С. 65–67.
7. Логанина, В.И. Эффективность применения в сухих строительных смесях органоминеральных добавок на основе смешанослойных глин / В.И. Логанина, С.Н. Кислицына, В.В. Черячукин, Э.Р. Акжигитова // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – № 3. – С. 57–60.
8. Логанина, В.И. Применение синтезированных алюмосиликатов в составе плиточного клея на основе цемента / В.И. Логанина, С.Н. Кислицына, К.В. Жегера // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2013. – № 10 (658). – С. 23–27.
9. Горчаков, Г.И. Коэффициенты температурного расширения и температурные деформации строительных материалов / Г.И. Горчаков, И.И. Лифанов, Л.Н. Терехин. – М.: Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при совете министров СССР, 1968. – 167 с.
10. Строительные правила СП 131.13330.2012. Строительная климатология актуализированная версия СНиП 23-01-99*. – М.: Росстандарт, 2012. – 113 с.
11. Фокин, К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К.Ф. Фокин, Ю.А. Табунщикова, В.Г. Гагарина. – М.: АВОК-ПРЕСС. 2006. – 256 с.
12. Пат. 2132545 Российская Федерация, МПК G01N3/24, E02D1/00. Сдвиговый прибор / Г.Г. Болдырев, О.В. Хрянина; заявитель и патентообладатель: Пензенский государственный архитектурно-строительный институт. заявл. 22.07. 1996; опубл. 27.06.1999. – 4 с.

References

1. GOST 15140-78. Materials for paint. Methods for the determination of adhesion. . – М.: Publishing standards, 1978 – 10 p.
2. GOST 28089-2012. Construction building wall. The method of determining the adhesion of tiles to the base. – М.: Publishing house «Standartinform», 2013 – 12 p.
3. GOST 28574-2014. Protection against corrosion in construction. Construction of concrete and reinforced concrete. Test Methods Adhesion of protective coatings. – М.: Publishing house «Standartinform», 2015. – 15 p.
4. Orentlikher, L.P. The nature of the fracture coatings cement concrete / L.P. Orentlikher, V.I. Loganina, A.A. Fedoseyev // Housing construction. – 2002. – № 11. – P. 16–17.
5. Loganina, V.I. Evaluation of the stress state of the finishing layer based on the composition using synthesized aluminosilicate / V.I. Loganina, S.N. Kislitsyna, M.V. Ariskin, Z.N. Rodionov, M.A. Sadovnikova // Academic Gazette UralNIIProekt RAASN. – 2014. – № 2. – P. 71.

6. Loganina, V.I. Statistical office of the building products / V.I Loganina, B.B. Hrustaleva, T.W. Uchaeva. // Eastern European Journal of advanced technologies. – 2013. – Т. 1, № 3 (61). – P. 65–67.

7. Loganina, V.I. The effectiveness of dry building mixtures of organic-based additives mixed-clay / V.I. Loganina, S.N. Kislitsyna, V.V. Cheryachukin, E.R. Akzhigitova // Regional architecture and engineering. – 2012. – № 3. – P. 57–60.

8. Loganina, V.I. Application of synthetic aluminosilicates tile adhesive composition based on cement / V.I. Loganina, S.N. Kislitsyna, K.V. Zhegera // News of higher educational institutions. Building. – 2013. – № 10 (658). – P. 23–27.

9. Gorchakov, G.I. Coefficients of thermal expansion and thermal deformation of building materials / G.I. Gorchakov, I.I. Lifanov, L.N. Terekhin. – M.: Committee of Standards, Measures and Measuring Instruments under the USSR Council of Ministers. 1968. – 167 p.

10. Building Regulations BR 131.13330.2012. Building climatology updated version BR 23-01-99*. M.: Rosstandart, 2012. 113 p.

11. Fokin, K.F. Thermal engineering envelope of the building / K.F. Fokin, Y.A. Tabunshchikovs, V.G. Gagarin. – M.: Avoca PRESS. 2006. 256p.

12. Pat. 2132545 Russian Federation, IPC G01N3 / 24, E02D1 / 00. The shift device / Boldyrev G.G., Hryanina O.V.; applicant and patentee Penza State Architecture and Construction Institute. appl. 22.07. 1996; publ. 27/06/1999. – 4 p.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Коровкин Марк Олимпиевич,
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Технологии строительных
материалов и деревообработки»
E-mail: m_korovkin@mail.ru

Ерошкина Надежда Александровна,
кандидат технических наук, инженер-исследо-
ватель научно-исследовательского сектора
E-mail: n_eroshkina@mail.ru

Чамурлиев Михаил Юрьевич,
аспирант

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Korovkin Mark Olimpievich,
Candidate of Sciences, Associate Professor
of the department «Technolgy of building
materials and wood processing»
E-mail: m_korovkin@mail.ru

Eroshkina Nadezda Alexandrovna,
Candidate of Sciences, engineer-researcher
of scientific and research sector
E-mail: n_eroshkina@mail.ru

Chamurliev Mikhail Yurevich,
Postgraduate

ВЛИЯНИЕ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРА НА ИЗМЕЛЬЧАЕМОСТЬ ЦЕМЕНТА И СНИЖЕНИЕ ЕГО АКТИВНОСТИ ПРИ ХРАНЕНИИ

М.О. Коровкин, Н.А.Ерошкина, М.Ю. Чамурлиев

Представлены результаты исследования влияния суперпластификатора С-3 на измельчаемость цемента. Установлено, что С-3 является эффективным интенсификатором помола цементного клинкера. Показано, что совместный помол цемента и С-3 снижает адсорбционное водопоглощение и гидратацию вяжущего при хранении. Доказано, что этот способ совмещения добавки и цемента позволяет увеличить сохранность цемента и сухих строительных смесей.

Ключевые слова: суперпластификатор, измельчение цемента, адсорбционное водопоглощение, гидратация, потеря активности при хранении

SUPERPLASTICIZER INFLUENCE ON CEMENT GRINDING AND REDUCTION OF ITS ACTIVITY AT STORAGE

М.О. Korovkin, N.A. Eroshkina, M.Y. Chamurliev

The effect of superplasticizer C-3 on cement grinding of was investigated. It was found that C-3 is an effective intensifier of cement clinker. It is shown that joint grinding of cement and C-3 reduces water absorption and binder hydration at storage. It is proved that this method of combining additives and cement can increase preservation of dry mixes at storage.

Keywords: superplasticizer, cement grinding, adsorptive water absorption, hydration, activity loss at storage

Введение

В процессе хранения портландцемент теряет активность [1]. Это свойство негативно влияет на тонкоизмельченные и быстротвердеющие цементы, а также обычные цементы при продолжительной транспортировке в отдаленные районы или использовании в составе сухих строительных смесей, то есть в случаях, когда время, прошедшее от момента производства вяжущих до его применения может составлять несколько месяцев. В связи с этим важной проблемой является снижение гидратации цемента за счет взаимодействия с влагой воздуха при длительном его хранении или сухих строительных смесей на основе цемента [2].

Снижение активности цемента происходит под воздействием влаги и углекислого газа, содержащихся в воздухе. В результате такого взаимодействия на поверхности зерен цемента образуется слой продуктов гидратации и карбоната кальция, которые замедляют гидратацию и твердение цемента [3].

Оценить действие влаги воздуха на цемент можно по изменению массы вяжущего при его хранении. При хранении цемента на воздухе течение нескольких недель происходит увеличение его массы по логарифмическому закону [4]. После высушивания цемента при температуре 105-110°C не происходит снижения его массы до начальных значений из-за наличия в вяжущем химически связанной воды и образованием карбоната кальция. Слой карбоната кальция (CaCO_3) на поверхности цемента малопроницаем для воды, затрудняет взаимодействие цемента с водой после затворения, что снижает прочность цемента.

Для исследований использовалось приготовленное в лабораторной шаровой мельнице вяжущее низкой водопотребности (ВНВ). Для этого использовался портландцементный клинкер, вольского цементного завода, гипсовый камень и суперпластификатор (СП).

В исследованиях применялось вяжущее, полученное измельчением портландцементного клинкера совместно с гипсовым камнем при различной дозировке СП. Химический и минеральный состав клинкера приведен в таблице.

Химико-минералогический состав использованного в исследовании цемента

Наименование компонента	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O
Содержание, %	66,1	8,3	5,2	15,1	1,4	3,1	0,54	0,26

В качестве водоредуцирующей добавки использовался СП на нафталиновой основе С-3. Дозировка гипсового камня составляла 4 % от массы клинкера. Расход СП в эксперименте составлял 0,5; 1 и 1,5 %. Дисперсность вяжущего оценивалась по удельной поверхности на приборе ПСХ-2.

Проводились исследования кинетики изменения массы вяжущего при хранении его на воздухе в условиях лаборатории при относительной влажности воздуха 70 ± 5 % и температуре 20 ± 3 °С в течение 1,5-3 месяцев до набора постоянной массы. Прирост массы в процентах определялся по формуле

$$B = 100 \cdot (m_0 - m_1) / m_0,$$

где m_0 и m_1 – начальная масса навески цемента и ее масса после выдерживания на воздухе.

В качестве критерия потери активности цемента было выбрано количество химически связанной воды после выдерживания цемента на влажном воздухе:

$$B_{\text{xc}} = 100 \cdot (m_0 - m_2) / m_0,$$

где m_0 и m_2 – начальная масса навески цемента и ее масса после выдерживания на воздухе и последующего высушивания при температуре 105-110 °С.

Было исследованное влияние дозировки СП на продолжительность измельчения. Зависимость удельной поверхности от продолжительности измельчения вяжущего для цементов с различным содержанием СП представлена на рис. 1.

Повышение дозировки С-3 снижает продолжительность помола цемента. При измельчении вяжущего, когда показатель удельной поверхности составит $300 \text{ м}^2/\text{кг}$, влияние содержания добавки невелико, однако при повышении тонкости помола эффективность добавки значительно возрастает. Причина этого в том, что суперпластификатор, локализованный на поверхности частиц цемента, снижает их склонность к агрегации. В связи с этим С-3 можно рекомендовать для снижения времени помола только для тонкомолотых цементов.

Результаты исследования кинетики изменения массы вяжущего при хранении на воздухе для цементов с различными удельной поверхностью, дозировкой и способами введения СП представлены на рис. 2. Были исследованы два способа введения С-3 –

при совместном помоле с цементом (ВНВ) и при перемешивании цемента с добавкой в виде порошка.

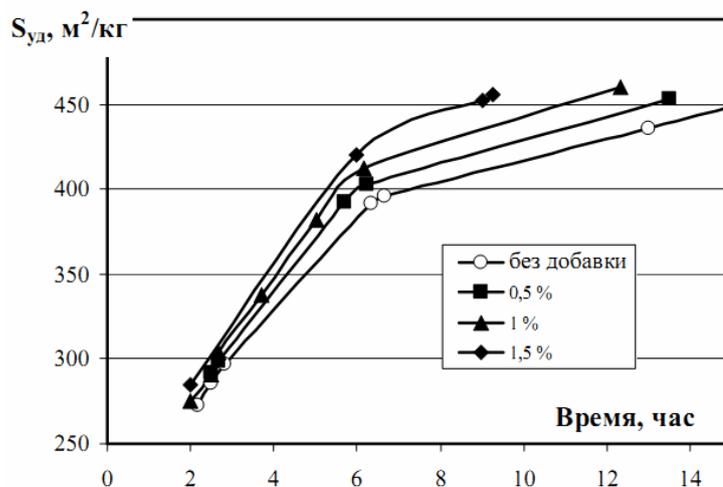


Рис. 1. Удельная поверхность вяжущего в зависимости от продолжительности помола и дозировки суперпластификатора С-3

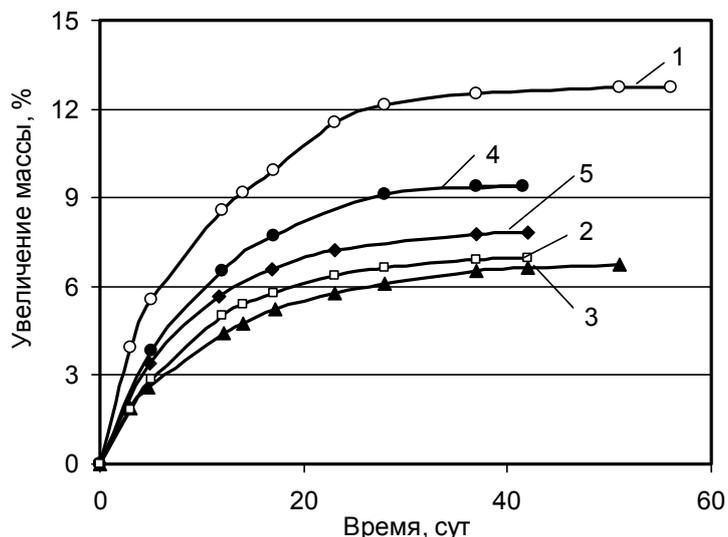


Рис. 2. Кинетика изменения массы цемента при хранении его на воздухе при различных способах введения и дозировках СП. Обозначения:

1 – без добавки; 2 и 4 – 0,5 % СП; 3 и 5 – 1 % СП; 2, и 3 – введение добавки при помоле; 4 и 5 – введение добавки в виде порошка при перемешивании

Введение в цемент суперпластификатора С-3 снижает сорбционное поглощение влаги из воздуха, причем в ВНВ водопоглощение намного ниже, чем в цементе с порошковым СП. Причина этого в том, что на поверхности частиц цемента частично образуется пленка суперпластификатора, которая снижает взаимодействие цемента с влагой и углекислым газом из воздуха (рис. 3). Такая локализация добавки обеспечивает и более равномерную абсорбцию СП на поверхности различных минералов клинкера.

На рис. 4 представлены зависимости изменения массы ВНВ при его хранении на воздухе и последующей сушке от дозировки СП. Было установлено, что поглощение влаги из воздуха в значительной степени зависит от дисперсности вяжущего и дозировки СП. Введение в состав вяжущего С-3 в количестве 0,5 % снижает прирост массы цемента с удельной поверхностью 300 м²/кг при его длительном хранении на воздухе в 1,58 раза (рис. 4,а). В цементе с удельной поверхностью 400 м²/кг введение добавки в количестве 0,5 и 1 % приводит к снижению влагопоглощения в 1,62 и 2,54 раза,

соответственно (рис. 4,б). Повышение удельной поверхности вяжущего с 300 до 400 м²/кг приводит к повышению влагопоглощения для цемента без добавки с 8,15 до 14,1 %, а для ВНВ с 5,2 до 8,3 %.

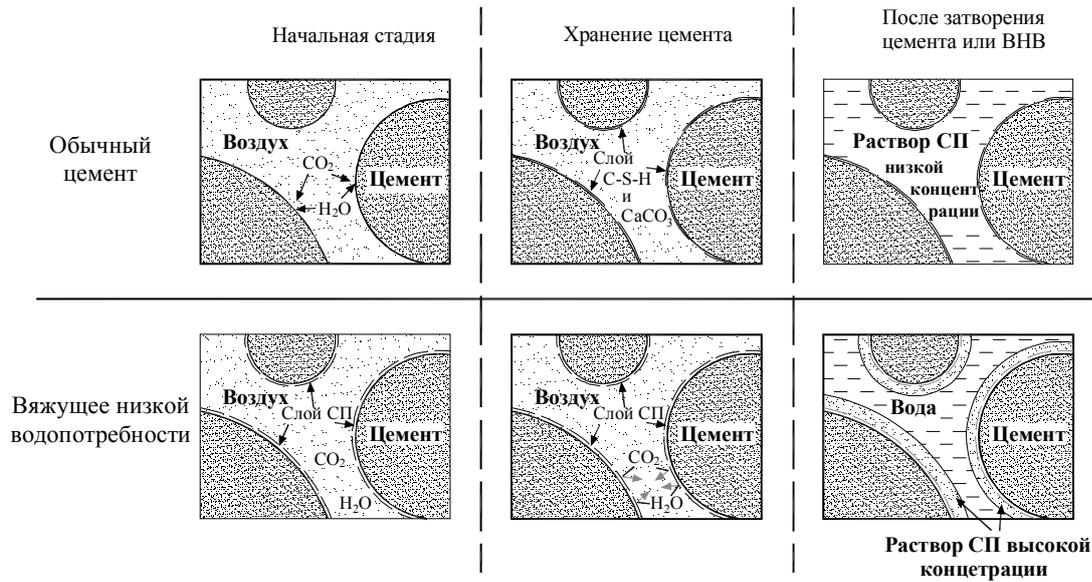


Рис. 3. Схема взаимодействия цемента и СП с влагой воздуха при хранении и водой после затворения смеси

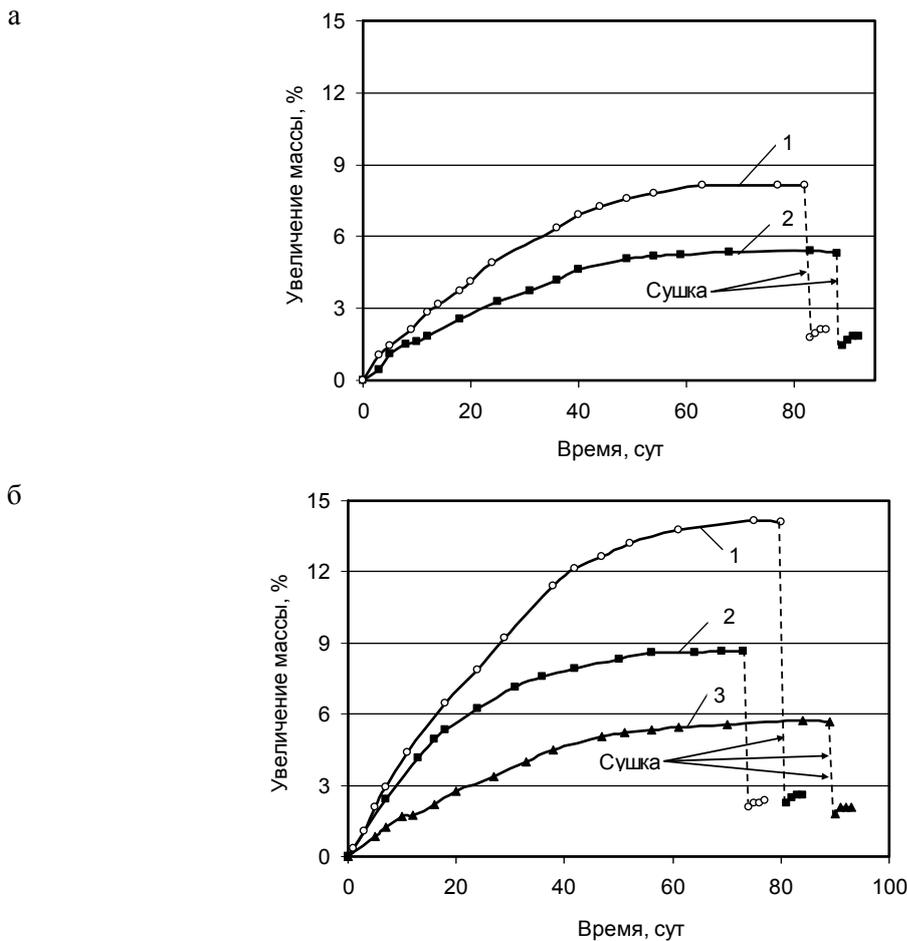


Рис. 4. Кинетика изменения массы ВНВ при хранении его на воздухе при различных дозировках СП и дисперсности вяжущего (а – 300 м²/кг, б – 400 м²/кг): 1 – без добавки, 2 – 0,5 % СП; 3 – 1 %

Прирост массы снижается после высушивания с 5-14 % до 1,3-2,6 %. Последний показатель характеризует степень гидратации цемента. Это свидетельствует о том, что только пятая часть влаги, поглощенной вяжущим из воздуха, химически связана с цементом, а большая часть воды находится на поверхности продуктов взаимодействия цемента с водой и очень медленно проникает через эту поверхность.

Исследования показали, что совместное измельчение цемента с суперпластификатором С-3 является эффективным способом увеличения сроков хранения вяжущих. Этот способ измельчения позволяет сократить продолжительность помола. Эффективность совместного помола возрастает с повышением дозировки добавки и тонкости помола вяжущего.

Введение в состав цемента СП в виде порошка и при помоле приводит к снижению влагопоглощения вяжущего из воздуха, а также степени его гидратации. Введение СП при помоле более эффективно; способ можно рекомендовать для подготовки вяжущего при производстве сухих строительных смесей и цементов, которые транспортируются и хранятся в течение длительного времени.

Список литературы

1. Баженов, Ю.М. Технология бетона / Ю.М. Баженов. – М.: Изд-во АСВ, 2007. – 528 с.
2. Бердов, Г.И. Изменение активности портландцемента при длительном хранении / Г.И. Бердов, Л.В. Ильина // Известия ВУЗов. Строительство. – 2010. – № 7. – С. 25–29.
3. Бердов, Г.И. Рентгенофазовый анализ цемента и клинкера после длительного хранения в различных условиях / Г.И. Бердов, Л.В. Ильина // Известия ВУЗов. Строительство. – 2010. – № 9. – С. 15–19.
4. Bronius Vektaris, Antanas Kaziliūnas, Ieva Striūgienė, “Ageing of Dry Cement Mixes for Finishing Purposes”, *Materials science (Medžiagotyra)*. vol. 19, no. 3, p. 326-330, 2013.

References

1. Bazhenov, Y.M. The technology of concrete / Y.M. Bazhenov. – M.: Publishing House of the DIA, 2007. – 528 p.
2. Berdov, G.I. Changes in the activity of portland cement during prolonged storage / G.I. Bird, L. Iina // *Proceedings of the universities. Building*. – 2010. – № 7. – P. 25–29.
3. Berdov, G.I. XRD analysis of cement and clinker after prolonged storage under different conditions / G.I. Berdov, L. Iina // *Proceedings of the universities. Building*. – 2010. – № 9. – P. 15–19.
4. Bronius Vektaris, Antanas Kaziliūnas, Ieva Striūgienė, “Ageing of Dry Cement Mixes for Finishing Purposes”, *Materials science (Medžiagotyra)*. vol. 19, no. 3, pp. 326-330, 2013.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Логанина Валентина Ивановна,
доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Управление качеством
и технологии строительного производства»
E-mail: loganin@mai.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Loganina Valentina Ivanovna,
Doctor of Sciences, Professor,
Head of the department «Quality
management and construction technologies»
E-mail: loganin@mai.ru

СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ ДЛЯ РЕСТАВРАЦИИ ЗДАНИЙ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

В.И. Логанина

Рассмотрены проблемы реставрации зданий исторической застройки. Показаны преимущества и недостатки известковых составов. Рассмотрены методология разработки рецептуры сухих строительных смесей.

Ключевые слова: известковые смеси, реставрация, наполнители, добавки, водостойкость

DRY MIXES FOR RESTORATION OF HISTORICAL BUILDINGS

V.I. Loganina

The problems of restoration of historical buildings are considered. Some advantages and disadvantages of limy structures are shown. Methodology of development dry building mixes compounding is considered.

Keywords: limy mixes, restoration, filler, additives, water resistance

Сохранение архитектурного наследия прошлого, предусматривающее восстановление памятников архитектуры, а также санация зданий в районах исторической застройки нередко требуют применения специализированных отделочных материалов. Традиционными материалами, которые на протяжении многих лет использовались для окрашивания, являются известковые составы. Однако с изменением состава атмосферы, особенно в крупных мегаполисах, коррозионное воздействие на материалы существенно увеличилось. Поверхностная «патина» (CaCO_3) известковых покрытий стен, деталей и форм разрушается.

В России все каменные здания и сооружения, возведенные до конца XIX в., а также подавляющее большинство домов начала XX в. построены на известковом связующем и оштукатурены известковыми составами. Это обусловлено тем, что промышленное производство и применение цемента в нашей стране началось только после 1880 г. Реставрация исторических зданий, сохранивших (в большей или меньшей степени) первоначальную отделку, вызывает определенные трудности, связанные с несовместимостью известковой штукатурки с современными отделочными материалами. Как известно, интенсивная карбонизация известковых составов происходит только в поверхностном слое, контактирующем с воздухом, поэтому прочность массива известковой штукатурки сравнительно невелика. Современные краски, предназначенные для нанесения на прочные подложки, сформированные на основе цементного или известково-цементного связующего с преобладанием цемента, мало пригодны для окрашивания зданий, оштукатуренных известковыми составами, так как

замена известковых растворов на цементные при проведении реставрации объектов может нарушить процессы миграции влаги через ограждающие конструкции и вызывать негативные проявления в виде морозного разрушения, отслоения отделочных покрытий и пр. Лакокрасочные пленки, образуемые органическими красками на слабых подложках, быстро растрескиваются и отслаиваются, нередко вместе с мелкими фрагментами верхнего слоя известковой штукатурки.

Как показывает практика, наилучшие результаты при восстановлении поверхностей, оштукатуренных известковыми штукатурными растворами, достигаются при использовании композиций, близких по составу к историческим аналогам, т.е. известковых. Известковые покрытия обладают высокой паропроницаемостью, не вызывают напряжений в материале штукатурки, не разрушают ее и не имеют склонности к отслаиванию в процессе эксплуатации [1, 2]. Как правило, для реставрации используют известковые краски или известковые сухие строительные смеси (ССС).

Известковые сухие смеси до сих пор остаются единственными отделочными составами, обеспечивающими хорошую связанность с материалами архитектурно-исторических застроек [3, 4, 5].

На рынке известна компания «Крепс», успешно выпускающая несколько видов известковых штукатурок с гидравлической добавкой и без нее – серия «Крепс Антик». Известковые штукатурки «Антик 1» и «Антик 2» можно наносить на старые кирпичные, бетонные, оштукатуренные составами на известковом вяжущем стены. Различие в фракционном составе наполнителя позволяет применять «Антик 1» и «Антик 2» при различных видах отделочных работ.

«Антик 1» с максимальным размером зерна наполнителя 0,63 мм обладает повышенной пластичностью и может использоваться как финишная отделочная штукатурка в труднодоступных местах. Кроме того, штукатурка «Антик 1» применяется в качестве выравнивающего слоя толщиной до 2 см внутри и снаружи помещений. Эта штукатурная смесь прекрасно подходит именно для реставрации старых оштукатуренных поверхностей, так как обладает оптимальной прочностью и плотностью.

«Антик 2» обладает большей прочностью и содержит более крупный наполнитель с размером частиц до 2 мм, эта смесь предназначена для оштукатуривания стен внутри и снаружи зданий. Сейчас при реставрации зданий часто практикуется полное удаление старой штукатурки до основания стены, а затем оштукатуривание поверхности новыми материалами. Для такого вида работ можно применять более крупную по своему фракционному составу, а также более плотную штукатурку «Крепс Антик 2».

Для ремонта, реконструкции и реставрации старых зданий и историко-архитектурных памятников, различных бетонных и железобетонных сооружений предложен ассортимент продукции под торговой маркой «БИРСС» [6]. Комплексная система «БИРСС» идеальна для реставрации подверженных солеобразованию строений и сильно увлажненных поверхностей. Она была успешно применена при реконструкции стен и подвалов зданий Казанского кремля, при реставрационных работах в Казанском университете и здании мэрии.

Ниже представлены следующие штукатурные смеси данной марки, используемые для реставрации исторических памятников и сооружений: известково-песчаная штукатурная смесь «БИРСС 43», известково-цементно-песчаная штукатурная смесь «БИРСС 43 С-3». Последняя служит для оштукатуривания поверхностей из камня и кирпича внутри и снаружи зданий, может быть рекомендована для реставрации исторических памятников. «БИРСС 43 С-3» выпускается в виде сухой смеси «БИРСС 43 С-3 обрызг», «БИРСС 43 С-3 грунт», «БИРСС 43 С-3 накрывка».

Компания «Баумит» – считается одним из лидеров в Европе по производству материалов для реставрации и реконструкции памятников архитектуры. Штукатурные смеси для реставрации памятников архитектуры данной марки представлены следующие: Baunit HandPutz 1 Winter – зимняя известково-цементная штукатурка, применяющаяся для внутренних и наружных работ в зимних условиях при средней температуре окружающего воздуха около 0°C; saniрующая штукатурка Baunit SanovaPutz L применяется для оштукатуривания влажных, подверженных вредному

воздействию солей минеральных оснований для внутренних и наружных работ; *Vaunil GrundPutz Leicht* – известково-цементная штукатурка заводского приготовления, с легким наполнителем, для ручного и машинного нанесения, для внутренних и наружных работ.

В настоящее время для реставрационных и отделочных работ представлены также известковые сухие смеси таких марок, как Рунит, Птах, Атлант.

Одним из значимых параметров отделочных известковых составов является их трещиностойкость. Отмечено, что трещиностойкость известковых растворов выше по сравнению с цементными (Шангина Н.Н. и Харитонов А.М.) [1].

Вместе с тем применение для реставрации памятников архитектуры известковых составов вызывает определенные трудности, связанные с их низкой водостойкостью.

Для повышения водостойкости известковых покрытий предлагается введение в рецептуру смеси гидрофобизирующих добавок. Гидрофобизирующие добавки предназначены для придания затвердевшим составам водоотталкивающих свойств. Как правило, это стеараты и олеаты кальция, натрия или цинка. В настоящее время на рынке представлены такие гидрофобизирующие добавки, как *Hidrofob E* и *Cementol E* фирмы ТКК (Словения), *Ceresit CC 92* компании «Хенкель Баутехник» (Россия, Украина).

Другим способом повышения водостойкости является применение активных минеральных добавок. Критерием выбора минеральных добавок для известковых смесей должна быть не только гидравлическая активность добавки, но и ее способность влиять на развитие ранней прочности и снижение усадочных деформаций за счет водоудержания [6, 7].

Введение минеральных наполнителей в качестве гидравлически активного компонента приводит к экономии вяжущего, частичному отказу от импортных модифицированных добавок, снижению стоимости готовой смеси и улучшению эксплуатационно-технологических свойств отделочных составов на основе ССС [8].

В качестве активных минеральных добавок используют природные материалы: кремнезем, глинозем, трепел, опока, диатомит, пеплы, туфы, пемзы, вулканические трассы и искусственные: доменные гранулированные шлаки, топливные золы и шлаки, искусственно обожженные глинистые материалы и кремнеземные отходы. Взаимодействие извести с активными минеральными добавками основано на том, что активный (аморфный, мелкодисперсный) кремнезем связывает известь в присутствии воды в гидросиликат кальция, который и обуславливает ее гидравлическое твердение, т.е. нарастание прочности под водой после предварительного затвердевания на воздухе, а также способность сопротивляться выщелачивающему действию воды [9]. Кроме кремнезема в состав активных минеральных добавок входит глинозем, который в присутствии влаги также может взаимодействовать с известью, образуя гидроалюминат кальция, обладающий гидравлическими свойствами.

Часто промышленные зола-унос и шлаки содержат от 10-40 % аналитически определяемого оксида кальция. Такие материалы называют активными гидравлическими добавками, так как они содержат достаточно извести, чтобы быть самоцементирующими. Очевидно, что из-за высокого содержания извести и низкого содержания кремнезема и глинозема вводить их необходимо в больших количествах для достижения определенного уровня механической прочности в нормированном возрасте.

Из всех пуццолановых добавок метакаолинит имеет самое высокое содержание оксидов кремния и алюминия и является единственной активной минеральной добавкой, производимой в контролируемых условиях с получением однородного продукта в плане распределения частиц по размерам, удельной поверхности, химическому составу и цвету [10, 11].

В известковых декоративных штукатурных смесях метакаолинит, являясь глинистым материалом, обеспечивает отличную пластичность составам, отсутствие липкости, что позволяет производить качественные сухие смеси. Светлый цвет добавки также расширяет возможности применения его в отделочных декоративных смесях. Скорость протекания реакции с известью у метакаолинита выше, чем у пуццолановых

добавок, что обеспечивает надежное связывание медленнотвердеющей извести уже в первые дни ее твердения. Образующийся метакаолинит при взаимодействии с известью и водой связывает гидрат окиси кальция в гидроалюминат кальция, что, в свою очередь, способствует повышению прочностных и гидравлических свойств известкового состава.

В работах [12, 13] предложено применять в качестве активного наполнителя минеральную добавку, полученную низкотемпературным обжигом глин при температуре 400-500°C. Методом РФА и химического анализа выявлено, что образцы на основе составов с минеральной добавкой, обожженной при температуре 500°C, характеризуются большим содержанием цеолитов, уменьшением портландита, увеличением количества химически связанной извести на 31,8 %.

Анализ научно-технической, патентной литературы свидетельствует, что в последнее время вырос интерес к использованию диатомита как сырья для производства наполнителей для сухих строительных смесей. Так, для снижения высолообразования в кладочных растворах на основе портландцемента авторами предлагается применение диатомита, термически обработанного при температуре 200°C [17]. Селяевым В. П. и другими соавторами предлагается состав ССС, используемых для кладки блоков из ячеистых бетонов и содержащих предварительно измельченный и высушенный до постоянной массы диатомит [15].

При взаимодействии диатомита с минеральными вяжущими (цемент, известь) активность минеральных добавок (диатомита), обусловлена высоким содержанием в них водного кремнезёма, причем она значительно возрастает с повышением тонкости их помола. В работах [19, 20] для повышения эффективности применения диатомита в сухих строительных смесях предлагается проводить его модификацию золей кремниевой кислоты, при этом увеличивается содержание аморфного кремнезема.

Предлагается сухая смесь, содержащая известь-пушонку, диатомит, модифицированный золей кремниевой кислоты, сурский кварцевый песок, суперпластификатор С-3, добавку Denka SC1 – 0,57, редиспергируемый порошок Neolith 7200.

Для повышения водостойкости известковых композиций можно применять тонкомолотые наполнители на основе силикатов кальция и синтезированных алюмосиликатов. В работах [18–21] предложено применять в известковых ССС синтезированные гидросиликаты кальция (ГСК). Авторами выявлено химическое взаимодействие наполнителя на основе ГСК с известью. Установлено уменьшение в 5 раз количества свободной извести в известковых композитах в присутствии добавки ГСК относительно контрольного состава. Применение синтезированных алюмосиликатов способствует ускорению отверждения известковых покрытий, повышению прочности при сжатии в возрасте 28 суток воздушно-сухого твердения в 1,9 раз. Выявлены особенности структурообразования модифицированного известкового композита, заключающиеся в образовании гидросиликатов кальция-натрия и минералов группы цеолитов, увеличении количества химически связанной извести на 8,74 % [21].

За последние годы вырос интерес исследователей и практиков к применению волластонита как наполнителя композитов различного назначения [22, 23], в том числе ССС. Микроармирующие свойства волластонита в сочетании с комплексом других уникальных особенностей этого материала, обеспечивающие безупрочность изготавливаемых с его применением композитов, могут оказаться особенно востребованными при производстве ССС различного назначения, при твердении которых проблема деформации стоит особенно остро. Кристаллы волластонита, имеющие игольчатую форму с плоскостями, образуют вокруг себя ассоциаты, составляющие матрицу основного состава ССС. Степень подвижности их друг относительно друга снижается, поэтому резко уменьшаются процессы усадки, например, при сушке и эксплуатации этих материалов. В настоящее время с применением волластонита разработан ряд рецептур сухих смесей, предназначенных для ремонта и отделки любых помещений. В среднем содержание добавки волластонита в рецептурах ССС составляет около 5-10 % от их веса, варьируясь в некоторых пределах в зависимости от назначения и вида материала. В затворенном виде они весьма пластичны, легко

наносятся и имеют хорошую адгезию к различным поверхностям. Волластонит повышает водоудерживающую способность затворенных смесей, усиливает их структурообразование и уменьшает, а в ряде случаев полностью ликвидирует усадку при твердении. Волластонитсодержащие сухие смеси рекомендуются для ремонтных и отделочных работ по любым основаниям: бетону, кирпичу, штукатурке, гипсокартону, асбестоцементу и т. д.

Основной дорогостоящий компонент ССС – многофункциональные химические добавки, необходимые для приготовления ССС, ввозятся из-за рубежа, в связи с отсутствием налаженного производства аналогичных отечественных, а также в связи с монополизацией на рынке базового сырья (цемент, песок).

Одной из проблем при выполнении декоративных отделочных работ остается сползание растворных смесей после их нанесения на вертикальные поверхности. Для улучшения реологических и технологических свойств отделочных составов в их рецептуру вводятся дорогостоящие импортные тиксотропные добавки [24], одними из которых являются органоминеральные добавки (бентоны). Единственным отечественным аналогом зарубежных органоглин (бентонов) является органобентонит.

С целью расширения сырьевой базы для изготовления органоминеральных добавок разработана технология и рецептура органоминеральной добавки для сухих строительных смесей, заключающаяся в адсорбции анионных и неионогенных ПАВ на поверхности глин с повышенным содержанием монтмориллонита. Предложено при производстве органоминеральной добавки в качестве органической добавки использовать неионогенное поверхностно-активное вещество ОП-10. Установлено, что введение в рецептуру известковой сухой смеси органоминеральных добавок на основе глин с повышенным содержанием монтмориллонита способствует повышению устойчивости к сползанию отделочного слоя [25, 26].

Большинство добавок, улучшая одни характеристики смеси, иногда не изменяют, а зачастую ухудшают другие характеристики. Для преодоления побочных эффектов используют комплексные добавки, состоящие из нескольких самостоятельных компонентов (например, суперпластификатор с микрокремнеземом). Комплексные добавки многофункциональны и способны влиять сразу на несколько свойств, характерных для сухой строительной смеси. Состав комплексных добавок можно «проектировать» таким образом, чтобы их компоненты усиливали эффекты, обеспечиваемые каждым из них в отдельности. Применение комплексных добавок позволяет добиваться универсальности их действия в сухих смесях.

Так, например, французская фирма Super Cogocol в облицовочных сухих смесях применяет комплексную химическую добавку, состоящую из отходов производства целлюлозы, поливинилхлорида и других соединений – поверхностно-активных веществ. Предприятие Югославии Carbon при производстве сухих смесей для облицовочных работ использует химические добавки, которые по свойствам сходны с французскими и представляют собой смесь соединений целлюлозы, поливинилацетата и его сополимеров. В патенте РФ №2364576 представлена комплексная модифицирующая добавка для строительных растворов. Данная добавка содержит, мас. ч.: минеральный компонент – 100, водоудерживающий активный ингредиент – эфир целлюлозы – 0,1-1,0, вода – 8-50. Строительный раствор получают путем смешивания вяжущего с указанной добавкой.

Нарушение прочности сцепления с основанием является основной причиной низкой долговечности штукатурных покрытий, что является следствием того, что строительные смеси выпускаются без привязки к базовой поверхности (кирпич силикатный и керамический, бетон тяжелый и легкий и т.д.). Игнорирование этого важного фактора приводит к возникновению дефектов, трещин, к снижению долговечности, а порой и к полному разрушению покрытий, что связано с отсутствием принципов проектирования смесей с учетом базовой поверхности. В работах [27–30] сформулирован закон сродства структур, предусматривающий проектирование слоистых композитов и ремонтных систем на нано-, микро- и макроуровне, аналогичных базовой матрице, позволяет проектировать ССС, создающих покрытия повы-

шенной эксплуатационной стойкостью. Авторами предложены принципы повышения эффективности сухих строительных смесей различного функционального назначения с учетом закона сродства структур, предусматривающего проектирование слоистых композитов и ремонтных систем на нано-, микро- и макроуровне, аналогичных базовой матрице, заключающиеся в использовании композиционных вяжущих, синтезированных при совместном помолу вяжущего, пластификаторов-модификаторов и минеральных наполнителей определенного генезиса, состава, гранулометрии и морфологии частиц.

Учет закона сродства структур при проектировании системы «покрытие на основе ССС – подложка» позволит повысить срок службы отделочных покрытий, снизить затраты на ремонт при проведении реставрационных работ.

Список литературы

1. Шангина, Н.Н. Особенности производства и применения сухих строительных смесей для реставрации памятников архитектуры / Н. Н. Шангина, А. М. Харитонов // Сухие строительные смеси. – 2011. – №4. – С.16–19.
2. Пухаренко, Ю.В. Реставрация исторических объектов с применением современных сухих строительных смесей / Ю.В. Пухаренко, А.М. Харитонов, Н.Н. Шангина, Т.Ю. Сафонова // Вестник гражданских инженеров. – 2011. – № 1. – С. 98–103.
3. Логанина, В.И. Известковые составы для реставрации и отделки зданий и сооружений / В.И. Логанина, О.А. Давыдова, О.В. Карпова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2012. – № 4. – С. 280–283.
4. Жукова, Д.К. Сухие строительные смеси в свете реставрации и ремонта зданий / Д.К. Жукова, А.А. Рябова // ООО Стройсервис. – URL: <http://www.masterbetonov.ru/content/view/510/239>.
5. Составы «БИРСС» для реставрации: комплексный подход // Красная линия. – 2006. – №18.
6. Изотов, В.С. Химические добавки для модификации бетона / В.С. Изотов, Ю.А. Соколова. – М.: Палеотип, 2006. – 244 с.
7. Баталин, Б.С. Исследования эффективности добавок, применяемых для производства сухих строительных смесей / Б.С. Баталин // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 7. – С. 60–62.
8. Калашников, В.И. Сухие строительные смеси на основе местных материалов / В.И. Калашников, В.С. Демьянова, Н.М. Дубошина // Строительные материалы. – 2000. – № 5. – С. 30–33.
9. Зоткин, А.Г. Применение наполнителей в строительных смесях / А.Г. Зоткин // Сухие строительные смеси. – 2009. – № 3. – С. 66–68.
10. Пустовгар, А.П. Применение метакАОлина в сухих строительных смесях / А.П. Пустовгар, А.Ф. Бурьянов, Е.В. Васильев // Жилищное строительство. – 2010. – № 10. – С. 78–81.
11. Cachim, P. Effect of Portuguese metakaolin on hydraulic lime concrete using different curing conditions / P. Cachim, A. Velosa, F. Rocha // Construction and Building Materials. – 2010. – Vol. 24. – P. 71-78.
12. Шумков, А. И. Бесклинкерное известково-алюмосиликатное гидравлическое вяжущее естественного твердения / А. И. Шумков // Сухие строительные смеси. – 2011. – № 3. – С. 20-21.
13. Логанина, В.И. Сухие строительные смеси с применением низкообжиговых минеральных добавок / В.И. Логанина, Р.В. Тарасов, Э.Р. Акжигитова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2013. – № 33 (52). – С. 78–83.
14. Патент 2326085 Российской Федерации. Способ снижения высолообразования на поверхности кирпичной кладки на цементном растворе/ Н.Г.Чумаченко(RU), Е.В.Мироненко(RU) // Самарский государственный университет архитектуры и строительства.(RU) 2006.

15. Патент РФ 2297991 Российской Федерации. Сухая строительная смесь / В.П. Селяев (RU), Л.И. Куприяшкина (RU), А.А. Болдырев (RU) // Мордовский государственный университет им. Н.П.Огарева(RU), 2007.
16. Логанина, В.И. Влияние активации диатомита на свойства известковых композиций / В.И.Логанина, О.А.Давыдова, Е.Е.Симонов // Известия вузов. Строительство. – 2011. – № 3. – С.20–24.
17. Никифоров, Е.А. Особенности структурообразования известковых композитов с применением модифицированного диатомита / Е.А. Никифоров, В.И. Логанина, О.А. Давыдова, Е.Е. Симонов // Региональная архитектура и строительство. – 2011 – № 2(11) – С.4–9.
18. Логанина, В.И. Повышение водостойкости покрытий на основе известковых отделочных составов / В.И.Логанина, Л.В. Макарова, С. Н. Кислицина, К.А. Сергеева// Известия высших учебных заведений. – 2012. – №1(637). – С.41–47.
19. Логанина, В.И. Штукатурные составы для реставрационных работ с применением окрашенных наполнителей/ В.И.Логанина, Л.В.Макарова //Региональная архитектура и строительство. – 2009. – № 1. – С. 38–40.
20. Логанина, В.И. Применение добавки на основе гидросиликатов кальция в сухих строительных смесях/ В.И.Логанина, Л.В.Макарова, К.А.Сергеева //Сухие строительные смеси. – 2012. – № 1. – С. 16–17.
21. Логанина, В.И. Известковые отделочные составы с применением синтезированных алюмосиликатов /В.И.Логанина, С.Н.Кислицына, И.В.Жерновский, М.А.Садовникова //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. – № 2. – С. 55–57.
22. Тюльнин, В.А. Волластонит – уникальное минеральное сырье многоцелевого назначения / В.А. Тюльнин, В.Р. Ткач, В.И. Эйрих, Н.П. Стародубцев. – М.: Руда и металлы, 2003. – 152 с.
23. Орлова, Н.А. Применение природного минерала игольчатого типа волластонита в сухих строительных смесях/ Н.А. Орлова, А.М. Белоусов // Ползуновский вестник. – 2008. – № 1-2. – С.94–96.
24. Бродский, Ю.А. Буровые растворы на углеводородной основе с применением органобентонита / Ю.А. Бродский, И.З. Файнштейн, В. Заворотный // Нефть и капитал. – 2002. – № 12. – С. 41–43.
25. Логанина, В.И. Разработка органоминеральной добавки для сухих строительных смесей / В.И.Логанина, Н.А.Петухова, Э.Р.Акжигитова //Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. – 2011. – №3. – С.8–12.
26. Логанина, В.И. Перспективы изготовления органоминеральной добавки на основе отечественного сырья / В.И. Логанина, Н.А. Петухова, В.Н. Горбунов, Т.Н. Дмитриева // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2009. – № 9. – С. 36–39.
27. Лесовик, В.С. Проблемы структурных изменений в строительном материаловедении / В.С. Лесовик, Е.И. Евтушенко // Известия вузов. Строительство. – 2000. – №10. – С. 34–40.
28. Сухие строительные смеси для ремонтных работ на композиционных вяжущих: монография / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Г.Г. Ильинская, Д.А. Беликов. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. – 145 с.
29. Загороднюк, Л.Х. О качестве и методах исследования сухих смесей / Л.Х. Загороднюк, Н.В. Ширина // Строительные материалы. Оборудование. Технологии XXI века. – 2007. – №10. – С.62–64.
30. Лесовик, В.С. Закон сродства структур в материаловедении / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, И.Л. Чулкова // Фундаментальные исследования. – 2014. – №3. Ч. 2. – С. 267–271.

References

1. Shangina, N.N. Features of the production and application of dry building mixes for restoration of monuments of architecture / N.N. Shangina, A.M. Kharitonov // *Dry mix.* – 2011. – No. 4. – P. 16–19.
2. Paharenko, Y.V. Restoration of historical sites using modern dry construction mixes / Y.V. Pakharenko, A.M. Kharitonov, N.N. Shangina, T.Y. Safonova // *Bulletin of civil engineers.* – 2011. – No. 1. – P. 98–103.
3. Loganina, V. I. Limy structures for restoration and finishing of buildings and structures / V. I. Loganina, O. A. Davydova, O. V. Karpova // *Bulletin of the Orenburg state University.* – 2012. – No. 4. – P. 280–283.
4. Zhukov, D.K. Dry mix in the light of the restoration and renovation of buildings / D.K. Zhukov, A.A. Ryabov // *OOO Strojservis.* – URL: <http://www.masterbetonov.ru/content/view/510/239>.
5. The compositions of bliss» for the restoration: an integrated approach. «Red line». – 2006. – No. 18.
6. Izotov, V.S. Chemical additives for concrete modification / V.S. Izotov, Y.A. Sokolov. – M.: Paleotype, 2006.
7. Batalin, B.S. studies on the effectiveness of additives used for the production of dry building mixes / B.S. Batalin // *Successes of modern natural science.* – 2007. – No. 7. – P. 60–62.
8. Kalashnikov, V.I. Dry mixes based on local materials / V.I. Kalashnikov, V.S. Demyanova, N.M. Doroshina // *Building materials.* – 2000. – No. 5. – S. 30-33.
9. Zotkin, A.G. the Use of fillers in concrete mixes / A.G. Zotkin // *Dry mix.* – 2009. – No. 3. – P. 66–68.
10. Poustovgar, P.A. The use of metakaolin in dry building mixtures / A.P. Pustovar, F.A. Buryanov, Y.V. Vasiliev // *Housing construction.* – 2010. – No. 10. – P. 78–81.
11. Cachim, P. Effect of Portuguese metakaolin on hydraulic lime concrete using different curing conditions / P. Cachim, A. Velosa, F. Rocha // *Construction and Building Materials.* – 2010. – Vol. 24. – P. 71–78.
12. Shumkov, A. I. Bestlingerie lime-aluminosilicate natural hydraulic binder hardening / A. I. Shumkov // *Dry mix.* – 2011. – No. 3. – P. 20–21.
13. Loganina, V.I. Dry construction mixtures with application nikoalyevich mineral supplements / V.I. Loganina, R.V. Tarasov, E.R. Akjigitova // *Vestnik of Volgograd state University of architecture and construction. Series: Construction and architecture.* – 2013. – № 33 (52). – P. 78–83.
14. Patent 2326085 Of The Russian Federation. Method of reduction of efflorescence on the surface of brick masonry in cement mortar/ N. G.Chumachenko(RU), E.V. Mironenko(RU) // *Samara state University of architecture and construction.(EN)* 2006.
15. Patent RF 2297991 of the Russian Federation. Dry mortar /selya VP (RU), L.I. Cupressina(RU), A.A. Boldyrev(RU) // *Mordovian state University. N. P.Ogarev(RU)*, 2007.
16. Loganina, V.I. Influence of activation on the properties of diatomite lime songs / V.I. Loganina, O. A. Davydova, E. E. Simonov // *Izvestiya vuzov. Construction.* – 2011. – № 3 – P. 20–24.
17. Nikiforov, E.A. Peculiarities of structure formation of lime composites with the use of the modified diatomite / E.A. Nikiforov, V.I. Loganin, O.A. Davydova, E.E. Simonov // *Regional architecture and construction.* – 2011 – № 2(11) – P. 4–9.
18. Loganina, V.I. Improving water resistance of coatings based on lime finishing compositions / V.I. Loganina, L.V. Makarova, S.N. Kislitsin, K.A. Sergeeva // *news of higher educational institutions.* – 2012. – №1(637). – P. 41–47
19. Loganina, V.I. Plasters for restoration work using colored fillings/ V.I. Loganina, L.V. Makarova // *Regional architecture and construction.* – 2009. – No. 1. – P. 38–40.
20. Loganina, V.I. The use of the additive on the basis of hydrosilicates of calliav dry building mixtures/ V.I. Loganina, L.V. Makarova, K.A. Sergeeva // *Dry mix.* – 2012. – No. 1. – P. 16–17.

21. Loganina, V.I. Lime finishing compositions using synthesized aluminosilicates / V.I. Loganina, S.N. Kislitsin, V.I. Zhernovka, M.A. Sadovnikov // Bulletin of Belgorod state technological University. V. G. Shukhov. – 2014. – No. 2. – P.55–57.
22. Turnin, V.A. Wollastonite – unique minerals multi-purpose// V.A. Turnin, R.V. Tkach, V.I. Eirich, N.P. Starodubtsev. – M.: Ore and metals, 2003.
23. Orlova, N. And. The use of natural mineral needle type of wollastonite in dry building mixtures/ N. And. Orlov, A. M. Belousov // Polzunov Bulletin. – 2008. – № 1-2. – P. 94–96.
24. Brodsky, J.A. Drilling fluid hydrocarbon-based with the use of organobentonite / Y.A. Brodsky, I.Z. Feinstein, V. Zavorotnyi // Oil and capital. – 2002. – No. 12. – P. 41–43.
25. Loganina, V.I. Development of organic-mineral Supplement for dry building mixtures/V.I. Loganina, N. And.Petukhova, E.R. Akjigitova //Bulletin of BSTU named after. V. G. Shukhov – 2011 – №3 – P. 8–12.
26. Loganina, V.I. Prospects for the manufacture of organo-mineral supplements on the basis of domestic raw materials / V.I. Loganina, N.A. Petukhov, V.N. Gorbunov, T.N. Dmitrieva // news of higher educational institutions. Construction. – 2009. – No. 9. Pp. 36-39.
27. Lesovik, V.S. Problems of structural changes in building materials science / V.S. Lesovik, E. I. Evtushenko // Izvestiya vuzov. Construction. – 2000. – No. 10. – P. 34–40.
28. Dry mix for repair work on composite binding: monograph / V.S. Lesovik, L.H. Zagorodnyuk, G.G. Elias, D.A. Belikov. – Belgorod: Publishing house of BSTU. V.G. Shukhov, 2013.
29. Zagorodnyuk, L.H. About the quality and methods of the study of dry mixes / L.X. Zagorodnyuk, N.In. Shirina // Building materials. Equipment. Technologies of the XXI century. – 2007. – №10. – P. 62–64.
30. Lesovik V.S. The Law of affinity structures in materials science./ V.S. Lesovik, L.H. Zagorodnyuk, I.L. Chulkova //Basic research. – 2014. – No. 3. Part 2. – P. 267–271.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

BUILDING STRUCTURES, BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

УДК 624.01

*Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Комаров Виктор Александрович,
кандидат технических наук, доцент,
профессор кафедры «Строительные
конструкции»
E-mail: stroyconst@pguas.ru

Ласьков Сергей Николаевич,
аспирант кафедры «Строительные
конструкции»

Ласьков Николай Николаевич,
доктор технических наук, зав. кафедрой
«Строительные конструкции»
E-mail: stroyconst@pguas.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Comarov Victor Alexandrovich,
Candidate of Sciences, Associate professor,
Professor of the department «Building
constructions»
E-mail: stroyconst@pguas.ru

Laskov Sergey Nikolaevich,
Postgraduate of the department «Building
design»

Laskov Nikolay Nikolaevich,
Doctor of Sciences, Head of the department
«Building constructions»
E-mail: stroyconst@pguas.ru

РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ СЖАТЫХ ПОЛОС БЕТОНА КОНСОЛЬНЫХ ОПОР РИГЕЛЕЙ МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСОВ

В.А. Комаров, С.Н. Ласьков, Н.Н. Ласьков

По экспериментально-теоретическим данным разрушения консольных опор ригелей с подрезкой разработаны расчетные модели сжатых полос, образующиеся между опорными и грузовыми площадками.

Ключевые слова: многоэтажные каркасы, консольная опора ригеля с подрезкой, сжатые полосы бетона, расчетные модели

COMPUTATIONAL MODELS OF COMPRESSED STRIPS OF CONCRETE CANTILEVER SUPPORTS CROSSBARS OF MULTISTORY FRAMEWORKS

V.A. Komarov, S.N. Laskov, N.N. Laskov

On experimental-theoretical data on destruction console supports crossbars with facing computation models of compressed strips, formed between supporting and cargo platforms are designed.

Keywords: high-rise frameworks, console support with facing, compressed strips of concrete, computation models

Совершенствование методов расчета несущей способности консольных опор ригелей с подрезками продолжает оставаться актуальной задачей, что обусловлено важной ролью, которую они играют в обеспечении надежности работы многоэтажных каркасов зданий и сооружений. Решение этой проблемы связано с выявлением и изучением всех возможных видов разрушения консольных опор ригелей с подрезками, а также разработкой на основе полученных экспериментально теоретических данных, расчетных моделей для каждого вида разрушения.

Установлено экспериментально, что одним из видов разрушения является разрушение по сжатым полосам бетона консоли.

Сжатые бетонные полосы, как правило, формируются между грузовыми и опорными площадками. В ригелях с подрезкой экспериментально выявлено наличие двухуровневых условных грузовых опор, образуемых узлами сопряжения продольной арматуры ригеля и поперечными замкнутыми сосредоточенными хомутами, устанавливаемыми за подрезкой [1, 6].

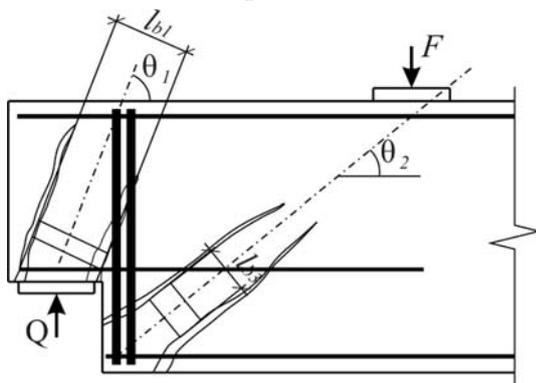


Рис.1. Фрагменты физических и условных грузовых и опорных площадок

Верхняя грузовая опора является условной опорой консоли, а нижняя – условной опорой ригеля (рис.1).

Условные грузовые и физические опорные площадки формируют три наклонные сжатые полосы: между опорной площадкой короткой консоли и верхней условной опорной площадкой на пересечении оси замкнутой сосредоточенной поперечной арматуры с верхней продольной арматурой ригеля. Вторая сжатая полоса расположена между опорной и грузовой площадками, третья – между нижней условной опорной и грузовой площадками (рис.2).

Увеличение пролёта среза и использование замкнутых сосредоточенных хомутов различной концентрации изменяют характер напряженно-деформированного состояния и по-своему в каждом случае формируют наклонные полосы бетона [6].

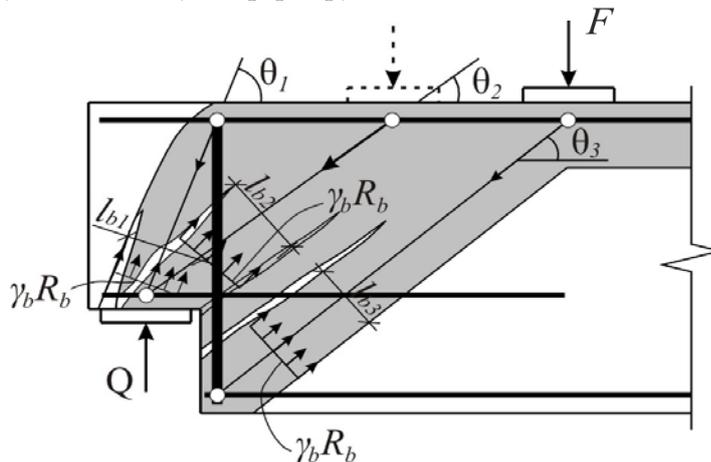


Рис.2. Схема сжатых полос бетона ригелей с подрезкой

Основополагающими моментами в построении расчетной модели является выбор основного угла наклона сжатой полосы и определение ее расчетной ширины. Анализ напряженно-деформированного состояния показал, что основной угол наклона главных сжимающих напряжений близок к углу наклона линии, соединяющей центр опорной реакции с точкой, проходящей через центр сосредоточенных замкнутых хомутов, которые выполняют роль поддерживающей опоры консоли.

Возможность такого приема можно объяснить тем, что эпюры распределения напряжений σ_y имеют максимальное значение в горизонтальных сечениях, проходящих через сосредоточенные хомуты на уровне нижнего пояса консоли. Таким образом, целесообразно за основной угол наклона главных сжимающих напряжений в консоли принять угол наклона к горизонтали линии, соединяющей центр опорной площадки консоли с центром тяжести вертикальных хомутов, сосредоточенных у подрезки, на уровне верхней продольной арматуры ригеля, угол θ (рис.3).

Сжатая бетонная полоса формируется между опорной и верхней условной грузовой площадками, поэтому границы расчетной полосы определяются линиями, соединяющими внешние и внутренние границы опорной и условной грузовой площадок.

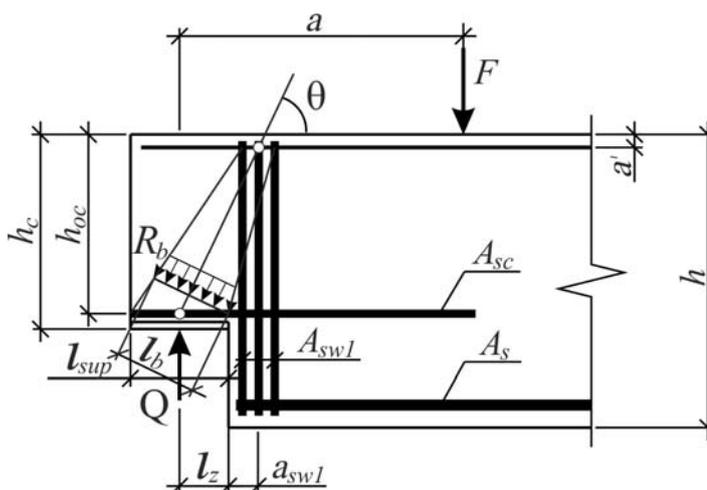


Рис. 3. Расчетная модель сжатой полосы бетона опорной консоли ригеля

Эксперименты обосновывают формирование сжатой полосы бетона над консольной опорой ригеля в случае, когда сила нагружения располагается на достаточно близком расстоянии от оси опоры, при пролетах среза $0,9h_{01} \leq a \leq 1,5h_{01}$.

Анализ напряженно-деформированного состояния показывает, что в этом случае также целесообразно за основной угол наклона главных сжимающих напряжений принять угол наклона к горизонтали линии, соединяющей центр опорной площадки на уровне растянутой арматуры консоли с центром приложения силы, на уровне верхней продольной арматуры ригеля (см. рис. 3).

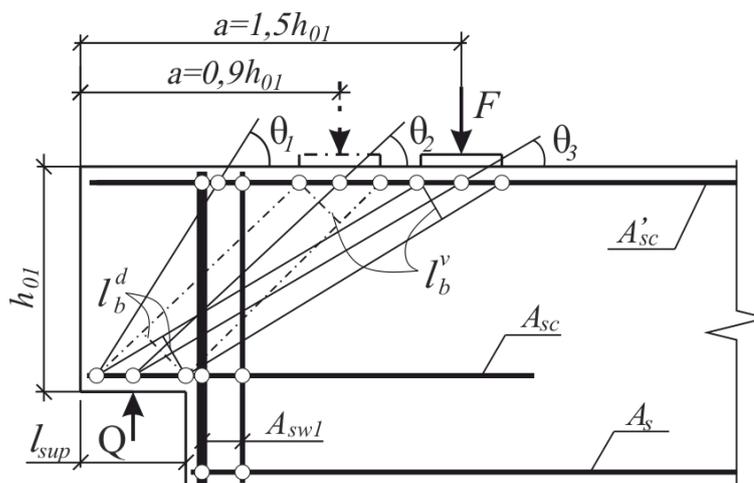


Рис. 4. Расчетная модель сжатой полосы бетона консоли ригеля между грузовой и опорной площадками при пролете среза $0,9h_{01} \leq a \leq 1,5h_{01}$

Ось расчетных полос проходит через центр опорной площадки и центр грузовых площадок на уровне продольной арматуры и является параллельной основному направлению главных сжимающих напряжений.

Ширина наклонной полосы определяется по перпендикуляру к расчетной оси.

Характер сопротивления бетонных полос сжатию определяется эпюрами распределения главных сжимающих напряжений по ширине соответствующих полос. Для упрощения, как правило, указанные эпюры принимаются прямоугольными, то есть целесообразно главные сжимающие напряжения принять одинаковыми по всей длине полосы.

На основе построенных расчетных схем может быть составлено условие прочности по сжатой полосе бетона между опорной и грузовыми площадками

$$Q \leq R_b b l \sin \theta (1 + 5\alpha \mu_w). \quad (1)$$

Ширина расчетной полосы l_b сверху и снизу определяется из условий

$$l_b = l_{sup}^v \sin \theta; \quad l_b = l_{sup}^d \sin \theta.$$

Экспериментально установлено, что при различном положении силы нагружения относительно оси опорной реакции изменяется угол потока главных сжимающих напряжений.

При удалении силы относительно опорной реакции угол наклона сжатой полосы консоли уменьшается.

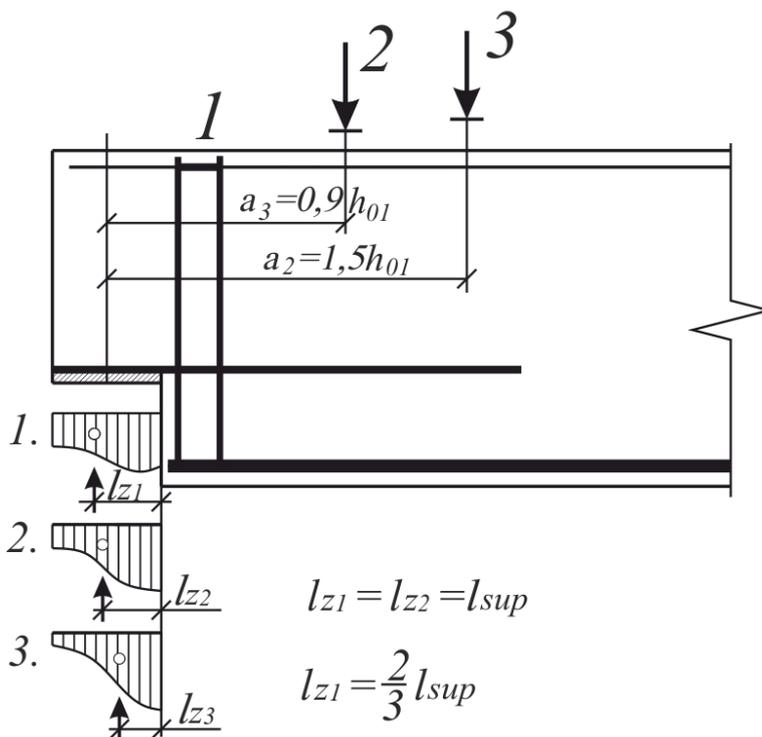


Рис.5. Распределение местных напряжений вдоль опорной площадки консоли

Кроме того, изменяется характер распределения местных напряжений вдоль опорной площадки (рис.5). В зависимости от удаления внешней силы возрастают местные напряжения σ_y у внутренней грани опорной площадки, вместе с этим концентрируется и поток главных сжимающих напряжений. Центр тяжести эпюр σ_y смещается в сторону входящего угла подрезки, и ось концентрированного потока также смещается. Наименьшую ширину будет иметь наклонный поток при очертании эпюры σ_y , близкой к треугольному очертанию.

Таким образом, изменение напряженного состояния наклонной полосы бетона, связанное с изменением положения силы нагружения, учитывается двумя моментами.

Это – изменение угла наклона в сторону уменьшения $\theta_3 < \theta_2 < \theta_1$ (см. рис.4) и новым формированием полосы понизу. Оно заключается в новом положении границ, выделяющих наклонную, более концентрированную при расположении силы на расстоянии $1,5h_{0,1}$ от оси опоры полосу (см. рис.5). Ширину расчетной полосы в этом случае предлагается определять по формуле

$$l_b = \frac{2}{3} l_{\text{sup}} \sin \theta.$$

Несущая способность сжатой полосы бетона будет наименьшей, поэтому именно эта модель является расчетной при определении прочности консоли ригеля по наклонной сжатой полосе.

Предельное состояние полосы бетона наступает в сечениях с наименьшей прочностью, т. е. в расчетных сечениях.

Наиболее опасной или расчетной зоной в бетонной полосе является её нижняя опорная зона. В этой зоне бетон испытывает продольное наклонное сжатие и поперечное растяжение. Следовательно, расчетное сечение располагается именно в нижней зоне полосы.

Анализ напряженно-деформированного состояния наклонной полосы бетона позволяет считать, что расчетным является опорное сечение консоли ригеля.

Предельным состоянием расчетной сжатой полосы бетона между наклонными трещинами принято считать достижение главными сжимающими напряжениями предельных расчетных значений сопротивления бетона осевому сжатию R_b , с учетом влияния сложного напряженного состояния в наклонной полосе, находящейся под воздействием сжимающих усилий вдоль полосы и растягивающих усилий, пересекающих наклонную полосу.

Выводы:

1. В ригелях с подрезкой при пролете среза до $1,5 h_{0,1}$ формируются наклонные сжатые полосы, расположенные над опорной площадкой консоли и направленные на грузовые опоры. Угол наклона полос уменьшается по мере удаления от линии действия опорной реакции.

2. Предлагаются стержневые модели сжатых полос бетона хорошо описывающие физическую работу ригелей с подрезкой при действии поперечных сил. Принцип построения моделей принят аналогично известному методу расчета коротких балок и консолей колонн.

Список литературы

1. Баранова, Т.И. Аналоговые каркасно-стержневые модели сопротивления несущих элементов каркасов многоэтажных зданий / Т.И. Баранова, В.А. Комаров, Э.В. Егинов. – М.: Изд-во «Спутник +», 2011. – 182 с.
2. Комаров, В.А. Экспериментальная теория сопротивления ригелей с подрезкой / В.А. Комаров. – М.: Изд-во «Спутник +», 2013. – 199 с.
3. Комаров, В.А. Консольные опоры железобетонных ригелей при совместном действии вертикальных сил и опорного изгибающего момента / В.А. Комаров, О.В. Болдырева, А.Н. Жуков // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – №3. – С. 51–57.
4. Баранова, Т.И. Каркасно-стержневая модель консольной опоры железобетонного ригеля / Т.И. Баранова, В.А. Комаров // Строительная механика и расчёт сооружений. – 2014. – №1. – С. 2–3.
5. Болдырева, О.В. Консольные опоры ригелей многоэтажных каркасов. Разрушение по сжатым полосам бетона / О.В. Болдырева, В.А. Комаров, С.А. Болдырев // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №4. – С. 51–57.
6. Комаров, В.А. Расчет и конструирование продольной и сосредоточенной поперечной арматуры консольной опоры ригеля многоэтажного железобетонного

каркаса / В.А. Комаров, О.В. Болдырева // Строительная механика и расчёт сооружений. – 2015. – №1. – С. 25–29.

References

1. Baranova, T.I. Analogue frame-rod models of multi-storied buildings bearing elements resistance / T.I. Baranova, V.A. Comarov, E.V. Eginov. – М.: «Satellite+», 2011. – 182 p.
2. Comarov, V.A. Experimental theory of resistance of the beams with trimming / V.A. Comarov. – М.: «Satellite+», 2013. – 199 p.
3. Comarov, V.A. Reinforced girth rails console supports at joint action of vertical forces and bearing bending moment / V.A. Comarov, O.V. Boldyreva, A.N. Zhukov // Regional architecture and engineering. – 2013. – №3. – P. 51–57.
4. Baranova, T.I. Frame-rod model console support concrete crossbar SLL «NIC» Construction / T.I. Baranova, V.A. Comarov // Structural mechanics and computation structures. – 2014. – №1. – P. 2–3.
5. Boldyreva, O.V. Cantilever supports of ригелей of multistory frameworks. Destruction on the compressed stripes of concrete / O.V. Boldyreva, V.A. Komarov, S.A. Boldyrev // Regional architecture and engineering. – 2014. – №4. – P. 51–57.
6. Komarov V.A., Boldyreva O.V. Calculation and constructing of longitudinal and concentrated transversal armature of cantilever support of multistory reinforce-concrete framework / V.A. Komarov, O.V. Boldyreva // Structural mechanics and computation structures. – 2015. – №1. – P. 25–29.

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
Россия, 190005, Санкт-Петербург,
ул. 2-я Красноармейская, д.4,
тел.: +7 (812) 988-9998

Сычев Сергей Анатольевич,
кандидат технических наук, доцент,
докторант кафедры ТСП
E-mail: sasychev@ya.ru

*Saint-Petersburg State University of
Architecture and Civil Engineering*
Russia, 190005, Saint-Petersburg, 4,
2-ya Krasnoarmeyskaya St.,
tel.: +7 (812) 988-9998

Sychev Sergey Anatolievich,
Candidat of Sciences, Associate Professor,
doctoral candidate of the department TSP
E-mail: sasychev@ya.ru

НОРМАТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА МОНТАЖА БЫСТРОВОВОДИМЫХ МОДУЛЬНЫХ ЗДАНИЙ (ХРОНОМЕТРАЖНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ)

С.А. Сычев

Формирование метода монтажа заключается в поиске рациональных решений путем последовательного анализа составляющих организационно-технологической структуры. Расчетно-аналитический метод базируется на использовании разработок в области механизации строительно-монтажных работ и предусматривает применение расчетных формул определения часовой производительности строительных машин. Были определены: техническая производительность машины; коэффициент производительных затрат машинного времени; норма времени в маш.-ч и чел.-ч. Расчетно-эмпирический метод основывается на результатах хронометражных наблюдений за устройством зданий из объемных модулей.

Ключевые слова: быстровозводимые сооружения, трансформируемые сооружения, блок-модули, скоростное строительство, блоки заводского изготовления, блок-комнаты, модульные здания

NORMATIVE ENGINEERING PROVISION OF THE PROCESS OF INSTALLATION PREFABRICATED MODULAR BUILDINGS (TIME STUDIES)

S.A. Sychev

Formation the method of installation means to find sustainable solutions by continuous analysis of organizational and technological structures elements. The analysis is based on the use of developments in the field of mechanization of construction works and provides for the application of calculation formula for determining hourly production of construction machinery. There have been identified: technical performance of the machine; the ratio of productive time of mechanisms, norms of time in Mech.-h and person-h. Computational-empirical method is based on timing observation of construction buildings from volumetric modules.

Keywords: prefabricated structures, transformable structures, modules, high-speed construction, prefabricated blocks, block rooms, modular buildings.

Введение

Выбор варианта монтажа зависит от различных комбинаций факторов: направления развития монтажного процесса, последовательности установки конструкций в проектное положение, степени их укрупнения, уровня механизации и ее видов, условий осуществления монтажных операций и т. д.

Конструкции быстровозводимых модульных зданий (БМЗ) из объемно-пространственных модулей различных типов и модификаций изготавливаются индустриальным

методом, в том числе типа «сэндвич» или из комбинированных конструкций, что диктуется вариантноностью проектов строительства и нормативными требованиями по конструктивным и технологическим решениям.

Методика исследования

Формирование метода заключается в поиске рациональных решений путем последовательного анализа составляющих организационно-технологической структуры. Для этого необходимо количественно описать эти составляющие и формализовать процесс их выбора в соответствии с принятым критерием.

Исследования проводились по следующим этапам:

1. Определялись нормы времени и затрат труда расчетно-аналитическим и расчетно-эмпирическим (на основе натуральных наблюдений) методами;
2. Сравнивались нормы времени и затрат труда, определенные расчетно-аналитическим и расчетно-эмпирическим методами.

Расчетно-аналитический метод базируется на использовании разработок в области механизации строительно-монтажных работ и предусматривает применение существующих расчетных формул определения часовой производительности строительных машин. Были определены: техническая производительность машины; коэффициент производительных затрат машинного времени; норма времени в маш.-ч и чел.-ч.

Эксплуатационная производительность подъемных механизмов, м/с, определялась по формуле [1-9]:

$$P_3 = nQk_rk_b, \tag{1}$$

где k_b – коэффициент использования подъемника во времени ($k_r=0,5 \dots 0,9$); n – число циклов в час; k_r – коэффициент использования подъемника ($k_r=0,6 \dots 0,8$); Q – номинальная грузоподъемность, т.

Нормы времени и нормы затрат труда являются обратными величинами норм выработок. Поэтому норма выработки механизированных работ равна нормативной эксплуатационной производительности машин.

Расчет норм затрат труда для звена рабочих производился на основе нормативного документа [1-7].

Результаты расчетов затрат труда рабочих-строителей и машинистов на устройство здания из объемных модулей представлены в табл. 1.

Расчетно-эмпирический метод основывается на результатах хронометражных наблюдений за устройством зданий из объемных модулей на объектах ЗАО «Ленуренгойстрой» на Крайнем Севере и Министерства обороны РФ в Ленинградской области, а также при использовании макетирования отдельных операций и конструкций. При хронометражных наблюдениях фиксировались: время, число рабочих, количество выполненной работы при изменении факторов влияния.

Т а б л и ц а 1

Нормы затрат труда на устройство здания из объемных модулей
(расчетно-аналитический метод)

Наименование технологических операций	Нормы затрат труда рабочих на 1 м ²	
	Ручные, Q, чел.-мин	Механизированные, П _м , маш.-мин
Устройство каркаса здания из объемных модулей		
Подъем модулей	1,7	0,784
Установка модулей в проектное положение	2,7	0,26
Соединение модулей между собой, 8 болтов на 1 м ²	55,2	–
Заделка стыков между модулями и стенами	16,2	–
Устройство кровельного покрытия, 1 м ²	133,8	4,3

В процессе проверки и обоснования норм расчетно-эмпирическим методом на комплексные процессы выполнены следующие работы:

- выделены из элементов рабочего процесса периоды совместной и раздельной работы машин и звена рабочих;
- разработана прогрессивная нормаль всего рабочего процесса;
- рассчитаны нормы затрат труда, отдельно для машин и отдельно для рабочих;
- сопоставлены запроектированные нормы затрат труда рабочих и машин с действующими территориальными сборниками.

При проверке норм затрат труда на комплексные процессы учитывалось, что производительность звена рабочих зависит от работы машин и наоборот. Затраты времени состояли из четырех элементов: совместная работа машины и рабочих t_c ; самостоятельная работа машины t_m ; самостоятельная работа рабочих t_p , технологические перерывы T_n . При этом продолжительность цикла работы машин T_m и цикла работы звена T_p определялась по формулам [1-9]:

$$T_m = t_c + t_m; \quad (2)$$

$$T_p = t_c + t_p. \quad (3)$$

Устанавливая норму, избегали появления технологического перерыва, связанного с продолжительностью отдельных работ, а именно [1-9]:

$$T_m \leq T_p \quad (4)$$

или

$$t_c + t_p \leq t_c + t_m. \quad (5)$$

Продолжительность самостоятельной работы звена рабочих не превышала продолжительности самостоятельной работы, сокращалась величина t_p , причем число рабочих для обслуживания машин увеличивалось. Для сокращения продолжительности работы звена рабочих можно увеличить его численный состав. При этом [1-7]:

$$\frac{T_p}{K_3} \leq T_m, \quad (6)$$

где K_3 – число звеньев рабочих, которые обслуживают машины, чел.

Численный и квалификационный состав звена рабочих определялись по блок-схеме (рис. 1). Для расчета состава бригады необходимо предварительно определить набор работ каждого специализированного звена (набор строительных процессов в составе вида работ, выполнение которых будет поручено одним и тем же исполнителям).

Данные хронометражных наблюдений на устройство здания из объемных модулей представлены в табл. 2.

Проверка существующих норм времени на возведение здания из объемных модулей показала, что фактические нормы выработки $H_{\text{выр}}^{\text{ф}}$ значительно ниже нормативных ($H_{\text{выр}}^{\text{ф}} < H_{\text{выр}}^{\text{н}}$), а фактические нормы времени $H_{\text{вр}}^{\text{ф}}$ значительно выше нормативных ($H_{\text{вр}}^{\text{ф}} > H_{\text{вр}}^{\text{н}}$).

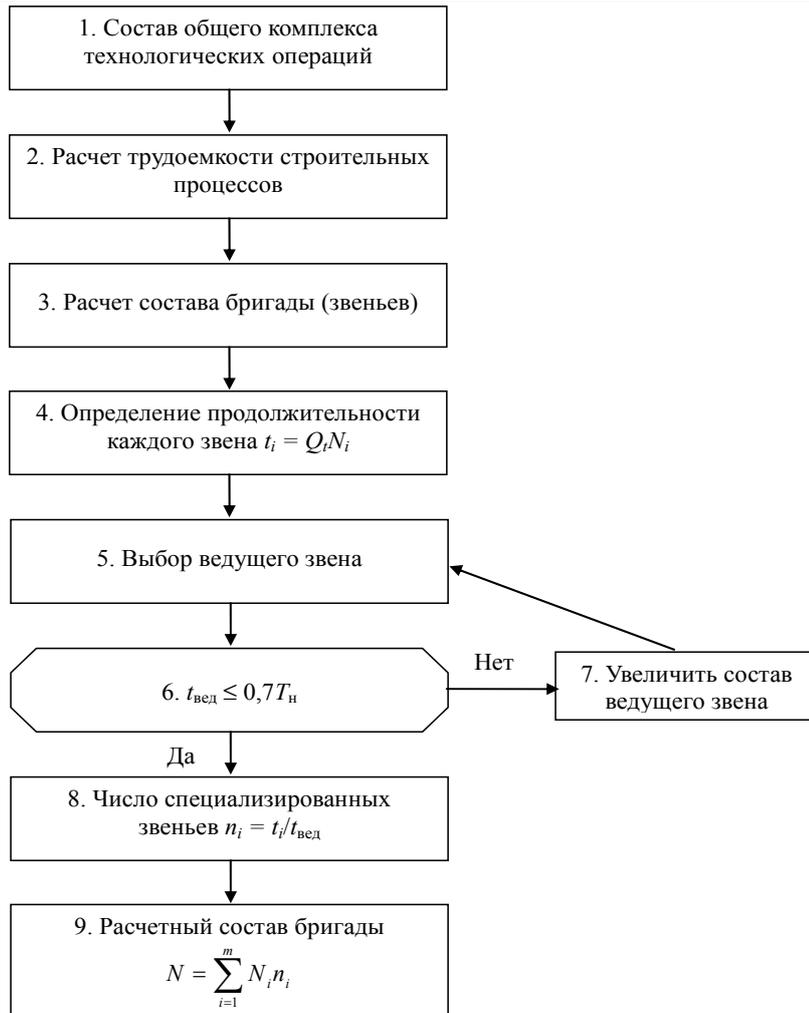


Рис. 1. Блок-схема расчета состава звена рабочих:

t_i – продолжительность выполнения работ в i -м звене; Q_i – трудоемкость процессов $i = 1, \dots, k$, где k – количество процессов, выполняемых i -м звеном; N_i – количество рабочих i -го звена; $t_{\text{вед}}$ – продолжительность работы ведущего звена; T_n – нормативная продолжительность всех работ

Т а б л и ц а 2

Данные хронометражных наблюдений на примере одного рабочего процесса, на 1 м²

Наименование технологических операций	Рабочие операции	Продолжительность хронометражных наблюдений, мин		Количество наблюдений	Среднее значение, мин	
		min	max		расч.	факт.
Монтаж объемных модулей	Подъем модулей	2,7	3,5	10	3,2	3
	Установка модулей в проектное положение	4,5	6,7	10	5,78	6
	Соединение модулей	25,7	29,4	10	27,1	27
	Заделка стыков между модулями и стенами	14,2	18,9	10	16,17	16
	Устройство кровельного покрытия	56,1	77,3	10	66,7	67

Фактические затраты труда монтажников превышают расчетно-нормативные трудозатраты на величину $\alpha = \frac{1}{K_{\text{пр}}}$ (α – коэффициент непроизводительных потерь,

$K_{\text{пр}}$ – коэффициент снижения производительности труда (принимается из-за несоответствия нормативных значений):

$$Q^{\Phi} = \frac{N_{\text{вр}}^{\Phi} \cdot V}{K_{\text{пр}}} = N_{\text{вр}}^{\Phi} \cdot V \cdot \alpha, \quad (7)$$

где V – объем конструктивных работ, м.

Фактические затраты труда по возведению зданий из объемных модулей с учетом коэффициента снижения производительности по климатическим условиям при выполнении ручных $K_{\text{пр}}^{\text{р}}$ и механизированных $K_{\text{пр}}^{\text{м}}$ операций:

$$Q^{\Phi} > Q^{\text{н}} = N_{\text{вр}}^{\text{н}} \cdot V, \quad (8)$$

где Q^{Φ} – фактические и $Q^{\text{н}}$ – расчетно-нормативные затраты труда на конструктивные работы.

В табл. 3 представлены результаты фактических норм затрат труда, полученные расчетно-эмпирическим методом, в сравнении с расчетно-нормативными значениями $Q^{\text{н}}$ и $\Pi_{\text{н}}$.

Т а б л и ц а 3

Результаты расчетно-нормативных исследований и определения фактических норм затрат труда при устройстве мансард

Наименование технологических операций	Нормы затрат труда рабочих на 1 м ²			
	Расчетно-нормативные		Фактические	
	Q^{Φ} , чел.-мин	Π^{Φ} , маш.-мин	Q^{Φ} , чел.-мин	Π^{Φ} , маш.-мин
Устройство каркаса мансарды				
Подъем модулей на кровлю	1,7	0,78	1,9	0,92
Подъем модулей на монтажную раму	2,7	0,26	2,8	0,6
Соединение модулей между собой	55,2	–	64	–
Заделка стыков между модулями и стенами	16,2	–	19	–
Устройство кровельного покрытия	133,8	4,3	146	7,3

По результатам выполненных теоретических и натурных исследований были построены графики зависимости трудозатрат от площади поверхности объемных модулей (рис. 2).

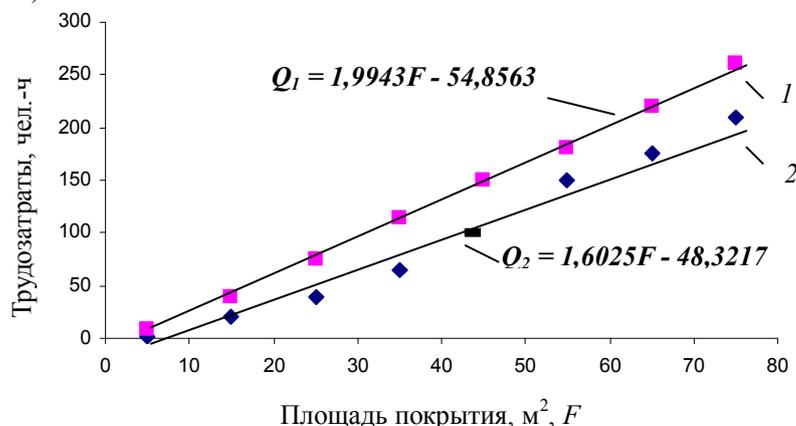


Рис. 2. Графики зависимости затрат труда от площади покрытия:

■ – фактические значения Q^{Φ} ; ◆ – нормативные значения $Q^{\text{н}}$

В результате исследования норм времени и трудозатрат устройства зданий из объемных модулей показало, что фактические затраты труда превышают нормативные в 1,14 раза.

Выводы

1. Установлены зависимости трудозатрат от площади поверхности монтируемых объемных модулей.
2. В результате исследования норм времени и трудозатрат на устройство мансард показало, что фактические затраты труда превышают нормативные.

Список литературы

1. Адам, Ф.М. Совершенствование технологии строительства модульных быстровозводимых малоэтажных зданий: дис.... канд. техн. наук / Ф.М. Адам. – СПб.: СПбГАСУ, 2001. – 154 с.
2. Афанасьева, А.А. Технология возведения полносборных зданий / А.А. Афанасьева [и др.]. – М., 2000. – 287 с.
3. Байбурин, А.Х. Комплексная оценка качества возведения гражданских зданий с учетом факторов, влияющих на их безопасность: дис. ... докт. техн. наук / А.Х. Байбурин. – Челябинск: ЮрГУ, 2012. – 348 с.
4. Верстов, В.В. Особенности проектирования и строительства зданий и сооружений в Санкт-Петербурге / В.В. Верстов, Г.М. Бадьин // Вестник гражданских инженеров. – 2010. – №1(22). – С. 96–105.
5. Сычев, С.А. Ускоренный монтаж мансард из унифицированных сэндвич-панелей / С.А. Сычев // Жилищное строительство. – М., 2008. – № 6. – С. 6–9.
6. Сычев, С.А. Технология ускоренного монтажа мансард из унифицированных сэндвич-панелей / С.А. Сычев.–СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 180 с.
7. Anderson, M., Anderson, P. (2007). Prefab prototypes: Site-specific design for offsite construction (Princeton Architectural Press, 2007. – 123 p).

References

1. Adam, F.M. Improving the technology of modular construction of prefabricated low-rise buildings: dis.... Cand. tech. Sciences / F.M. Adam. – SPb.: SPSUACE, 2001. – 154 p.
2. Afanasyev, A.A. Technology of erection of prefabricated buildings / A.A. Afanasyev [etc.]. – M., 2000. – 287 p.
3. Baiburin, A.H. Comprehensive assessment of the quality of construction of civil buildings with consideration of factors that affect their safety: dis. ... doctor. tech. Sciences / A.H. Baiburin. – Chelyabinsk: Jürg, 2012. – 348 p.
4. Verstov, V.V. Features of design and construction of buildings and structures in St. Petersburg / V.V. Verstov, G.M. Badin // Herald of civil engineers. – 2010. – №1(22). – P. 96–105.
5. Sychev, S.A. Expedited installation of attics from a unified sandwich panels / S.A. Sychev // Housing construction. – M., 2008. – Vol.6. – P. 6–9.
6. Sychev, S.A. Technology has accelerated the installation of attics from a unified sandwich panels / S.A. Sychev. – SPb.: Publishing house of the Polytechnic. University, 2010. – 180 p
7. Anderson M., Anderson P. Prefab prototypes: Site-specific design for offsite construction (Princeton Architectural Press, 2007. –123 p).

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Кочеткова Майя Владимировна,
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Управление качеством
и технология строительного производства»
E-mail: M.V.Kochetkova@mail.ru

Гусев Николай Иванович,
кандидат технических наук, профессор
кафедры «Управление качеством
и технология строительного производства»

Аюпова Зарема Венеровна,
студентка

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Kochetkova Maya Vladimirovna,
Candidate of Sciences, Associate Professor of
the department «Quality management and
technology of building production»
E-mail: M.V.Kochetkova@mail.ru

Gusev Nikolai Ivanovich,
Candidate of Sciences, Professor of the
department «Quality management and
Technology of construction production»

Aiupova Zarema Venerovna,
student

СЛОЖНОСТЬ ВОЗВЕДЕНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ОТАПЛИВАЕМЫХ ЗДАНИЙ

М.В. Кочеткова, Н.И. Гусев, З.В. Аюпова

Приведены примеры функциональной роли отдельных элементов ограждающих конструкций, обозначена важность этой роли.

Ключевые слова: паропроницаемость, водопоглощение, десорбция, влагопроницаемость, теплопроводность, термическое сопротивление, микроклимат помещения, пароизоляция

THE COMPLEXITY OF CONSTRUCTION WALLING STRUCTURES IN HEATED BUILDINGS

M.V. Kochetkova, N.I. Gusev, Z.V. Aiupova

The examples of functional role of separate elements of walling structures are given, the importance of their role is designated.

Keywords: water vapor permeability, water absorption, desorption, moisture permeability, thermal conductivity, thermal resistance, indoor climate, steam

Все части любого здания служат для выполнения тех или иных функциональных задач. Но среди этого обилия конструктивных разновидностей не просто найти элементы, выполняющие самые разнообразные функции, как это встречается в ограждающих конструкциях, работающих в граничных климатических зонах. Так, наружная стена дома должна защищать внутренние помещения от сырости и холода, но отсыревшая стена с этой задачей не справится, а для ее просушивания, зависящей от водопоглощения, потребуется время на десорбцию влаги. Для чердачного перекрытия необходимы свои условия нормального функционирования всех его элементов, в том числе требуется определенная влажность и исправная работа пароизоляции, защищающей теплоизоляцию от увлажнения. Качественная пароизоляция должна исключить увлажнение теплоизоляции, что понижает эффективность ее работы. Кроме того, хорошая работа теплоизоляции чердачного перекрытия позволяет препятствовать образованию сосулек по свесу кровли. Для этого следует предотвратить таяние снега на всей площади крыши. Такой результат можно получить, если температура кровельного покрытия будет отличаться от температуры наружного воздуха менее чем на два градуса. Вот почему нужно исключить любые источники тепла на чердаке, в том числе заизолировать трубы верхней разводки отопления и канализационные

стояки, утеплить лазы на чердак, дополнительно утеплить участки чердака полосой шириной до 50 см по всему его периметру. Толщина утеплителя в этой полосе должна быть увеличена на 50 %. Это требование к температурному режиму чердака подлежит обязательному выполнению, так как более высокая температура кровли вызовет таяние снега на нем и стекание талой воды к свесу крыши. При замерзании этой воды в холодной пристенной зоне и создаются условия для образования наледи, превращая их в гирлянду мощных натеков ледяных сосулек. В дальнейшем лежащий на стене вал изо льда и снега постоянно увеличивается за счет воды от тающего льда на поверхности подогреваемой с чердака кровли. В осенне-зимний период в чердачном перекрытии могут происходить и другие негативные процессы, зависящие от качества пароизоляции. Для их ликвидации чаще всего применяют рулонную пароизоляцию, отличающуюся простотой устройства. Но и в этом случае требуется ровное, без уступов и задиrow основание под нее. Смежные рулоны лучше склеить между собой внахлестку на 10-15 см. Качество пароизоляции зависит от герметичности, гарантирующей создание преграды на пути влаги, способной увлажнить утеплитель и снизить эффективность его работы.

Влага, на пути которой находится пароизоляция, постоянно пополняется за счет жизнедеятельности проживающих на верхних этажах дома людей. Известно, что человек, даже в спокойном состоянии, в течение часа выделяет около 45 г влаги, а при физических нагрузках эти выделения увеличиваются в 4-5 раз. Приготовление пищи за сутки насыщает помещения влагой до 650 г. При ручной стирке выделяется до 3 л воды, а вымытый пол в комнате площадью 20 м³ добавляет 3-4 кг воды. Даже горящий бытовой газ через 4 горелки в течение 1 часа способен пополнить влагой помещение квартиры на 3,5 л воды. Такое изобилие влаги способно вызвать высокое давление водяных паров и их проникание через все неплотности в пароизоляции. Хорошая теплоизоляция в чердачном перекрытии над верхними этажами любого здания может быть оценена по значениям температур на поверхности утеплителя. Эти температуры должны быть: при морозе на улице до -30°C – не выше -21°C; при морозе -20°C – не выше -12°C; при морозе до -10°C – не выше -3°C; а при 0°C – не выше +2°C. И во всех случаях температура поверхности утеплителя не должна быть выше, чем температура в помещении чердака на 4 °C. Но для того чтобы теплоизоляция хорошо работала, нужно соблюдать два условия: 1) Не допускать увлажнения теплоизоляции ни при каких условиях эксплуатации дома. Для этого не следует допускать протечек кровли, равно как и протечек трубопроводов на чердаке. 2) Толщина чердачного утеплителя должна быть выполнена согласно теплотехническому расчету на основании данных по сопротивлению теплопередаче для применяемого материала.

Проведенные нами обследования чердачных помещений показали массовые отклонения от нормативных требований. Так, толщина засыпного утеплителя, в нашем случае керамзитового гравия, редко превышала требуемую толщину такой засыпки. Как правило, такую засыпку выполняют «на глазок», не прибегая к установке маячных реек, по которым и замеряют толщину засыпки. Очень часто для засыпки используют не теплоизоляционный, а конструкционный керамзит, имеющий насыпной вес 1100-1200 кг/м³, что почти в два раза тяжелее теплоизоляционного. Снижение толщины слоя утеплителя, как и снижение эффективности его работы в чердачном перекрытии, следует считать весьма вредным явлением, так как оно повышает температуру на чердаке, способствуя обледенению крыши, при этом затрачивается тепло, утекающее из отапливаемых помещений.

Как видно из вышеописанного, на чердаке должно быть холодно. Именно для этого на чердаке создается сквозняковая вентиляция, обеспечивающая постоянное проветривание чердачных помещений и поддерживающая в них температуру на поверхности утеплителя чердачного перекрытия, не выше температуры воздуха в чердачных помещениях. Эти требования в современном строительстве постоянно нарушаются и, видимо, пора ужесточить их при приемке готовых объектов в эксплуатацию. Очевидно потребуются разработать регламент проверки температурного режима чердачных помещений, который можно легко изменять, например, с помощью

полузабытых слуховых окон, предложенных более трех веков назад инженером Слуховым. Площадь сечения слуховых окон должна составлять не менее $1/300-1/500$ площади чердака, т.е. на каждые 1000 м^3 его площади требуется слуховое окно площадью $3,5 \text{ м}^2$. Слуховое окно по своей конструкции должно иметь жалюзийную решетку, обеспечивающую сквозное проветривание. Для этого нужно на чердачной крыше иметь, как правило, не менее двух окон. Часть окна при этом должна иметь остекление для освещения чердака в дневное время. В случае застоя воздуха в воздушных мешках следует усилить сквозняковую вентиляцию с помощью щелевых продухов между карнизами и кровлей шириной до 1 см. Приконьковые продухи делают в виде щели шириной до 5 см с устройством фартука против задувания снега на чердак. Для этих же целей устанавливают флюгарки на отверстия, соединенные с патрубками.

Конечно, реконструировать все чердачные перекрытия в существующих домах – задача практически невыполнимая, поэтому при строительстве новых домов важно соблюдать все требования, чтобы обеспечить температурный режим и исключить падение ледяных глыб на людей. Парадокс, но в старых зданиях таких явлений не наблюдается.

Список литературы

1. Гусев, Н.И. Технология создания строительной продукции / Н.И. Гусев, М.В. Кочеткова, Ю.П. Скачков. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 147 с.
2. Паршина, К.С. Гидрофобизация кровельных поверхностей с целью сброса наледей с крыш / К.С. Паршина, Н.И. Гусев, М.В. Кочеткова // Вестник магистратуры. – 2014. – № 1 (28). – С. 13–15.
3. Гусев, Н.И., Кочеткова М.В. Влияние микроклимата чердачного помещения здания на образование наледи на кровле // IX Mezinarodni vedecko-practicka konference «VEDA A TECHNOLOGIE: KROK DO BUDOUUCNOSTI – 2013» 27 unora.-5 brezen 2013 roku. Praha, Publishing. House «Education and Science» s.r.o. Dil 25. Matematika, Fizika, Vystavba a architektura.
4. Паршина, К.С. Роль пароизоляции в ограждающих конструкциях зданий / К.С. Паршина, Н.И. Гусев, М.В. Кочеткова // Вестник магистратуры. – 2014. – № 3-1 (30). – С. 28–30.
5. Гусев, Н.И. Конструктивные решения по предотвращению образования наледи на крышах / Н.И. Гусев, Е.А. Кубасов // Региональная архитектура и строительство. – 2011. – № 1. – С.100–107.
6. Гусев, Н.И. Средства для удаления наледи с крыш / Н.И. Гусев, Е.А. Кубасов, М.В. Кочеткова // Региональная архитектура и строительство. – 2011. – 2. – С.104–108.

References

1. Gusev, N.I. Technology of making building products / N.I. Gusev, M.V. Kochetkova, Y.P. Skachkov – Penza: PGUAS, 2014. – 147 p.
2. Parshina, K.S. Waterproofing of roof surfaces in order to reset the icing from the rooftops / K.S. Parshina, N.I. Gusev, M.V. Kochetkova // Bulletin of the Judiciary. – 2014. – № 1 (28). – P. 13–15.
3. Gusev N.I. The influence of climate on the attic of the building icing on the roof / N.I. Gusev, M.V. Kochetkova // IX Mezinarodni vedecko-practicka konference «VEDA A TECHNOLOGIE: KROK DO BUDOUUCNOSTI -2013» 27 unora.-5 brezen 2013 roku. Praha, Publishing. House «Education and Science» s.r.o. 25 Dil. Matematika, Fizika, Vystavba a architektura.
4. Parshina, K.S. The role of a vapor barrier in the building envelope / K.S. Parshina, N.I. Gusev, M.V. Kochetkova // Bulletin of the Judiciary. – 2014. – № 3-1 (30). – P. 28–30.
5. Gusev, N.I. Constructive solutions to prevent the formation of ice dams on the roof / N.I. Gusev, E.A. Kubasov // Regional architecture and engineering. – 2011. – № 1. – P.100–107.
6. Gusev, N.I. Means for removing ice from roofs / N.I. Gusev, E.A. Kubasov, M.V. Kochetkova // Regional architecture and engineering. – 2011. – 2. – P.104–108.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Комаров Виктор Александрович,
кандидат технических наук, доцент,
профессор кафедры «Строительные
конструкции»
E-mail: stroyconst@pguas.ru

Болдырева Ольга Вячеславовна,
аспирант, старший преподаватель кафедры
«Строительные конструкции»
E-mail: boov@yandex.ru

Болдырев Сергей Александрович,
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Строительные конструкции»
E-mail: boldyrev-s@ya.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Komarov Victor Alexandrovich,
Candidate of Sciences, Associate professor,
Professor of the department «Building
constructions»
E-mail: stroyconst@pguas.ru

Boldyreva Olga Vajcheslavovna,
Postgraduate, Senior Lecturer of the
department «Building constructions»
E-mail: boov@yandex.ru

Boldyrev Sergey Alexandrovich,
Candidate of Sciences, Associate professor of
the department «Building constructions»
E-mail: boldyrev-s@ya.ru

ПРОЧНОСТЬ СЖАТОЙ ПОЛОСЫ БЕТОНА КОНСОЛИ РИГЕЛЯ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

В.А. Комаров, О.В. Болдырева, С.А. Болдырев

Рассмотрены нормативный и предлагаемый на основе каркасно-стержневой модели методы расчёта наклонной сжатой полосы бетона консольной опоры ригеля (с подрезкой).

Ключевые слова: консольная опора ригеля (с подрезкой), сжатая наклонная полоса, продольная и сосредоточенная поперечная арматура, трещины, схемы разрушения

STRENGTH OF COMPRESSED CONCRETE STRIP OF CONSOLE BEAM UNDER STATIC LOADING

V.A. Komarov, O.V. Boldyreva, S.A. Boldyrev

Considered Normative and proposed on the basis of frame-beam model calculation methods of slant compressed strip of concrete beam console support (with trimming).

Keywords: cantilever bearing bolt (with trimming), condensed oblique bar, longitudinal and concentrated transverse reinforcement, cracks, schemes of destruction

Ригели с консольными опорами (с подрезкой) приняты типовыми конструкциями многоэтажных сборных каркасов серии межвидового применения 1.020.1/83, 1.020-1.

Свод правил к СНиП 52-01-2003 не даёт специальных рекомендаций по расчёту и конструированию коротких консолей изгибаемых элементов.

Расчёт и конструирование балок с консольными опорами (подрезками) производят согласно СНиП 2.03.01-84*. Расчёт балок с консольными опорами выполняется по аналогии с расчётом сжатой полосы бетона консоли колонны без учёта конструктивной особенности (рис.1).

Консоль ригеля конструктивно отличается от консоли колонны и не имеет поддержки с противоположной действии силы стороны. В этом заключается её конструктивная особенность. Установка продольной арматуры A_{sc} и сосредоточенной поперечной арматуры A_{sw1} консольной опоры ригеля принята типовым решением многоэтажных сборных каркасов серии межвидового применения 1.020-1/83 и 1.020-1. Общее назначение продольной и сосредоточенной поперечной арматуры, устана-

вливаемой за подрезкой, заключается в обеспечении безопасности опорных частей ригелей. Экспериментальных обоснований такое конструктивное решение не имеет, и соответствующие им расчётные формулы отсутствуют.

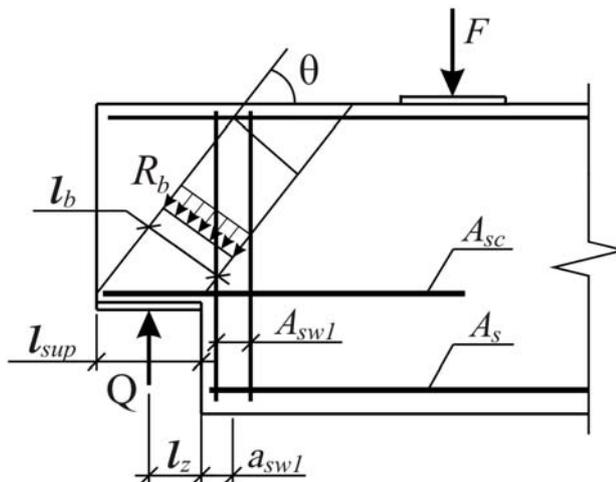


Рис. 1. Нормативное расчётное сечение сжатой полосы бетона консоли (подрезки) ригеля

В соответствии с пп.3.99 и 3.100 “Пособия по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжёлых и лёгких бетонов без предварительного напряжения арматуры” (к СНиП 2.03.01-84*) расчёт короткой консоли ригеля производится с учётом того, что направление наклонной сжатой полосы принимается от наружного края площадки опирания до равнодействующей усилий в дополнительных хомутах площадью сечения A_{sw1} на уровне сжатой арматуры балок, т.е. при

$$\sin^2 \theta = \frac{(h_{01} - a')^2}{(h_{01} - a')^2 + (\ell_{sup} + a_x)}$$

Прочность по наклонной сжатой полосе между грузом и опорой консоли балки вычисляется из условия

$$Q \leq R_b b \ell_{sup} \sin^2 \theta (1 + 5\alpha \mu_w), \quad (*)$$

в котором

$$2,5R_b b h_0 \leq R_b b \ell_{sup} \sin^2 \theta (1 + 5\alpha \mu_w) \leq 3,5R_b b h_0,$$

где ℓ_{sup} – длина площадки опирания нагрузки вдоль вылета консоли; θ – угол

наклона расчётной сжатой полосы к горизонтали; $\mu_w = \frac{A_{sw}}{b \cdot s_w}$ – коэффициент

армирования хомутами, расположенными по высоте консоли; s_w – расстояние между хомутами.

Расчётная схема и расчётные зависимости сжатой полосы бетона консоли балки приняты по аналогии с расчётной моделью консоли колонны.

Экспериментально в ригелях с подрезкой выявлено наличие двухуровневых условных грузовых опор, образуемых узлами сопряжения продольной арматуры ригеля и дополнительными поперечными замкнутыми сосредоточенными хомутами, устанавливаемыми за подрезкой. Поэтому расчёт консоли ригеля нельзя выполнять аналогично расчёту консоли колонны. Верхняя грузовая опора является условной опорой консоли, а нижняя – условной опорой ригеля. Анализ напряжённо-деформированного состояния показал, что основной угол наклона главных сжимающих напряжений близок к углу наклона линии, соединяющей центр опорной реакции с точкой пересечения верхней грани ригеля с вертикальным сечением, проходящим через центр сосредоточенных замкнутых хомутов, которые выполняют роль поддерживающей опоры консоли.

Целесообразно за основной угол наклона главных сжимающих напряжений в консоли ригеля принять угол наклона к горизонтали линии, соединяющей центр опорной площадки на уровне растянутой арматуры с центром условной грузовой площадки на уровне верхней арматуры ригеля.

Сжатая бетонная полоса формируется между опорной и условной грузовой площадками. Границами расчётной полосы можно рассматривать линии, соединяющие внешние и внутренние границы площадок (рис.2).

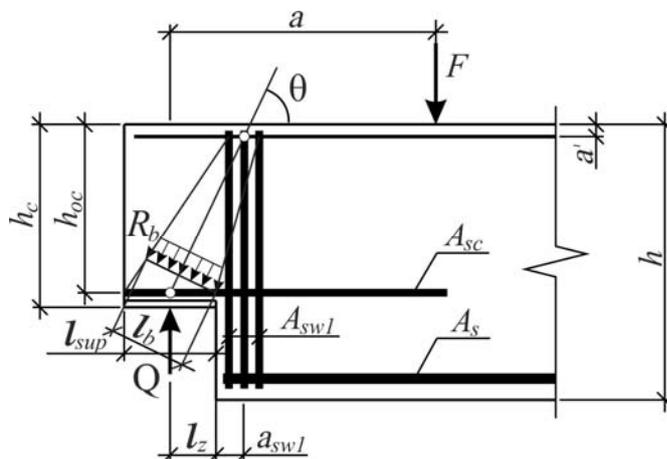


Рис.2. Предлагаемая расчётная модель

Оказалось, что разрушение сжатой полосы консоли ригеля происходит в нижней опорной зоне, где бетон испытывает продольное наклонное сжатие и поперечное растяжение: расчетное сечение располагается именно в нижней зоне полосы.

Учитывая напряженно-деформированное состояние наклонной полосы бетона, принимаем, что расчетным является опорное сечение консоли ригеля (определяется по перпендикуляру к основному направлению главных сжимающих напряжений между внешними границами сжатой наклонной полосы).

Произведено сопоставление разрушающих нагрузок Q^{test} , рассчитанных по СНиП, и экспериментальных данных. Результаты показали целесообразность введения некоторых изменений в СНиП.

Расчётные данные завышают опытные значения разрушающих нагрузок. Поэтому в расчётную зависимость (*), взятую из [2], предлагается ввести поправочный коэффициент 0,8, и расчёт сжатой полосы бетона консоли ригеля (с подрезкой) серии 1.020-1/83; 1.020-1 выполнять по методике СНиП 2.03.01-84* с учётом предлагаемых уточнений.

Список литературы

1. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. – М.: Стройиздат, 1984.
2. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжёлых и лёгких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84*).– М.: ЦИТП, 1989.
3. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. – М.: НИИЖБ Госсстроя России, 2004.
4. Комаров, В.А. Консольные опоры железобетонных ригелей при совместном действии вертикальных сил и опорного изгибающего момента / В.А. Комаров, О.В. Болдырева, А.Н. Жуков // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – №3. – С. 51–57.
5. Баранова, Т.И. Каркасно-стержневая модель консольной опоры железобетонного ригеля / Т.И. Баранова, В.А. Комаров // Строительная механика и расчёт сооружений. – 2014. – №1. – С. 2–3.

6. Болдырева, О.В. Консольные опоры ригелей многоэтажных каркасов. Разрушение по сжатым полосам бетона / О.В. Болдырева, В.А. Комаров, С.А. Болдырев // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №4. – С. 51–57.

7. Комаров, В.А. Расчет и конструирование продольной и сосредоточенной поперечной арматуры консольной опоры ригеля многоэтажного железобетонного каркаса / В.А. Комаров, О.В. Болдырева // Строительная механика и расчёт сооружений. – 2015. – №1. – С. 25–29.

8. Комаров, В.А. Разрушение по сжатым полосам бетона консольных опор ригелей многоэтажных каркасов / В.А. Комаров, О.В. Болдырева // Бетон и железобетон. – 2015. – № 3. – С. 10–13.

References

1. SNIP 2.03.01-84*. Concrete and reinforced concrete structures. – М.: Stroiizdat, 1984.
2. Manual for design of concrete and reinforced concrete structures of heavy and light concrete without pre-stressing reinforcement (to SNIP 2.03.01-84*). – М.: СТП, 1989.
3. SNIP 52-01-2003. Concrete and reinforced concrete structures. The main provisions. – М.: НИИЗНБ of Gosstroy Russia, 2004.
4. Komarov, V.A. Reinforced girth rails console supports at joint action of vertical forces and bearing bending moment / V.A. Comarov, O.V. Boldyreva, A.N. Zhukov // Regional architecture and engineering. – 2013. – №3. – P. 51–57.
5. Baranova, T.I. Frame-rod model console support concrete crossbar SLL «NIC» Construction / T.I. Baranova, V.A. Comarov // Structural mechanics and computation structures. – 2014. – №1. – P. 2–3.
6. Boldyreva, O.V. Cantilever support beams of multi-storey frames. The destruction of compressed strips of concrete / O.V. Boldyreva, V.A. Komarov, S.A. Boldyrev // Regional architecture and engineering. – 2014. – №4. – P. 51–57.
7. Komarov, V.A. Calculation and constructing of longitudinal and concentrated transversal armature of cantilever support of multistory reinforce-concrete framework / V.A. Komarov, O.V. Boldyreva // Structural mechanics and computation structures. – 2015. – №1. – P. 25–29.
8. Komarov, V.A. Destruction by compressed strips of concrete cantilever supports of beams of the multi-storey frames / V.A. Komarov, O.V. Boldyreva // Concrete and reinforced concrete. – 2015. – № 3. – P. 10–13.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Артюшин Дмитрий Викторович,
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Строительные конструкции»
E-mail: stroyconst@pguas.ru

Шумихина Виктория Андреевна,
магистрант

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Artyushin Dmitriy Viktorovich,
Candidate of Sciences, Associate Professor of
the department «Building constructions»
E-mail: stroyconst@pguas.ru

Shumikhina Victoria Andreevna,
Undergraduate

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ КАМЕННОЙ КЛАДКИ СЖАТИЮ

Д.В. Артюшин, В.А. Шумихина

Приведены результаты исследований физической работы стандартных призм из каменной кладки на основе теории сопротивления срезу сжатых или растянутых элементов. Предложены расчетные модели и аналитические зависимости сопротивления каменной кладки при сжатии.

Ключевые слова: призма из каменной кладки, экспериментальные исследования, сопротивление каменной кладки, каркасно-стержневая модель, расчетные усилия, условие прочности

EXPERIMENTAL AND ANALYTICAL RESEARCHES OF RESISTANCE TO COMPRESSION OF MASONRY

D.V. Artyushin, V.A. Shumikhina

Results of researches of a physical activity of standard prisms from a masonry on the basis of the theory of resistance to a cut of squeezed or stretched elements are given. The settlement models and analytical dependences a masonry to compressive resistance are offered.

Keywords: masonry prism, experimental researches, masonry resistance, frame-rod model, settlement efforts, durability condition

В Пензенском государственном университете архитектуры и строительства реализуется комплексная программа исследований конструкций из каменной кладки при различных схемах нагружения. По теме программы были опубликованы научные статьи и доклады [1–7]. В данной статье приводится оценка прочности стандартных кирпичных призм при сжатии на основе экспериментальной теории сопротивления каменной кладки, суть которой заключается в определении закономерностей изменения разрушающих усилий в зависимости от исследуемых факторов, а также в моделировании сопротивления сжатых призм. Моделирование сопротивления призм осуществляется на основе известных феноменологических представлений механики сплошной среды. Принцип моделирования определяется характером сопротивления кирпичных призм и заключается в следующем.

Под грузовыми и опорными площадками в результате сдерживающего влияния касательных напряжений образуется клинообразная зона повышенной прочности каменной кладки (рис. 1). По боковым площадкам клина под углом $\theta_k=90^\circ$ передаются наклонные сжимающие усилия S , которые симметрично уравниваются ответными усилиями. Траектории наклонных сжимающих усилий S образуют уравновешенную замкнутую стержневую систему – модель с поперечными растягивающими усилиями T . Действие этих усилий осуществляется по вертикальной оси призмы на участке, равном расстоянию между верхним и нижним клиньями. Таким образом,

образуется стержневая модель СМ- τ , включающая в себя наклонные сжатые стержни с условными узловыми центрами – ключевыми точками моделей. Одновременно в элементах образуются площадки сдвига по боковым граням условного клина. В моделях СМ- τ усилия сдвига S_τ определяются с помощью наклонных стержней, имитирующих сечение сдвига (среза) вдоль боковых граней клина. Растягивающие усилия T определяются в горизонтальных стержнях модели, расположенных в уровне поперечной оси призмы. Эти усилия вызывают разрыв каменной кладки по вертикальному осевому сечению на участке, расположенном между клиньями. Схема сопротивления каменных призм и схема расчетной модели СМ- τ показаны на рис. 1. Расчетная модель имеет индекс τ , который характеризует наличие площадок и усилий сдвига (среза). В общем случае, когда прочность кирпича не равна прочности раствора, т.е. $R_1 \neq R_2$, линия разрушения имеет ломаное очертание. Выявлено, что высота клина равна $0,5l_{sup}$ ($\angle\theta_k=90^\circ$) в случаях, когда $l_{sup}/h=0,5$. Опыты показали, что в каменной кладке с увеличением высоты образца угол клина не изменяется, высота клина не увеличивается. Линия разрушения призм совпадает с линией, соединяющей вершины клиньев.

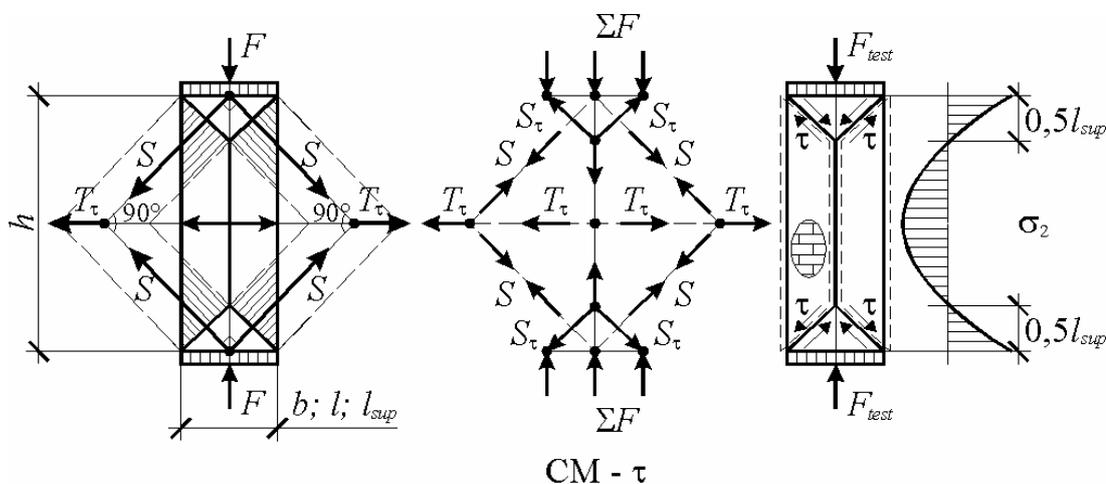


Рис. 1. Схемы сопротивления и расчетной стержневой модели СМ- τ кирпичных призм

Меньшее сопротивление оказывает вертикальный участок разрыва каменной кладки между клиньями. В случаях, когда сопротивление сдвигу (срезу) по наклонным поверхностям клиньев превышает сопротивление разрыву по вертикальному сечению, возникают условия для развития вертикальной трещины до грани призмы.

Для определения прочности призм построена каркасно-стержневая модель КСМ- τ (рис. 2), которая описывает прочность призм как сумму сопротивления каменной кладки сдвигу по площадкам клина и сопротивления каменной кладки разрыву на участке между клиньями. Усилия наклонного сжатия S , горизонтального растяжения T_τ и усилия сдвига S_τ определяются из расчета модели КСМ- τ при условии шарнирного соединения стержневой модели по следующим зависимостям:

$$S = F/2\cos 45^\circ; S_\tau = F/2\cos 45^\circ; T_\tau = F.$$

Для составления условия прочности каменных призм определена схема расчетных сечений и предельных усилий. Условие прочности призм записывается в следующем виде:

$$F \leq (4\gamma_\tau R_l l_k l_{sup}) \cos 45^\circ + \gamma_p R_l (h - 2h_k) l + \gamma_p R_l (h - 2h_k) b,$$

где R_l – расчетное сопротивление кладки растяжению; γ_τ ; γ_p – коэффициенты, устанавливающие величины предельных напряжений; $l_k = l_{sup}/2\cos 45^\circ < 0,5h/\cos 45^\circ$; $h_k = 0,5l_{sup} < 0,5h$.

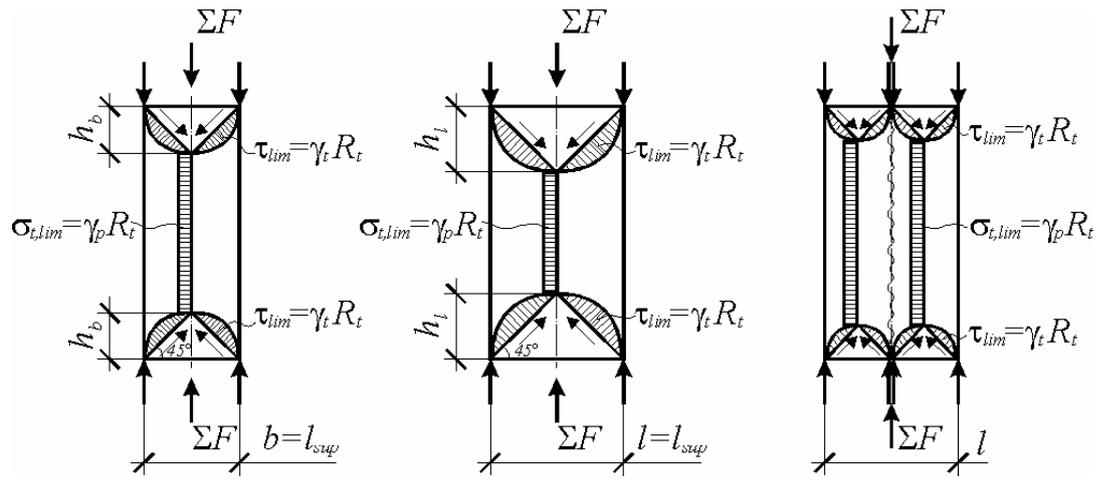


Рис. 2. Расчетная каркасно-стержневая модель кирпичных призм КСМ-τ.
Схема предельных усилий

Разработанные расчетные модели (СМ-τ и КСМ-τ) и аналитические зависимости обоснованы экспериментальными исследованиями 6 серий призм из каменной кладки. Испытаны стандартные призмы сечением 190×255 мм, высотой 600 мм, выполненные из моделей глиняного кирпича пластического прессования в масштабе 1:2 (с размерами 125×60×32,5 мм) со средним пределом прочности при сжатии $R_1=19,1$ МПа и на изгиб $R_{изг}=2,6$ МПа. Кладка образцов выполнялась на цементно-песчаном растворе состава 1:3 со средним пределом прочности на сжатие $R_2=13,1$ МПа. В качестве вяжущего применялся портландцемент марки 400, а в качестве заполнителя – кварцевый песок. Приготовленный раствор имел консистенцию, соответствующую усадке конуса 9-13 см.

Кирпичные призмы испытывались в силовой раме на сжатие. Нагружение опытных образцов производилось гидравлическим домкратом ДГ-200 поэтапно ступенями по 50 кН. В качестве измерительных приборов использовались индикаторы часового типа, установленные по боковым граням испытываемого образца. После каждого этапа делалась выдержка 5-10 минут, снимались показания приборов, производился визуальный осмотр призм. Общий вид испытания призм показан на рис. 3.



Рис. 3. Испытание кирпичных призм

На рис. 4 приведены фотографии характерных схем разрушения каменных призм. Следует заметить, что приведенные образцы не доводились до полного разрушения (разрушающая нагрузка составляла 460-600 кН) для того, чтобы показать характер развития трещин и сопротивления призм.

Рассматривая схему сопротивления призм, показанную на рис. 1, в соответствии с геометрическими размерами сечений испытанных призм, следует отметить некоторые особенности. В испытанных призмах соотношение размеров поперечного сечения составляет $l/b=1,35$. Следовательно, расклинивание образцов при сжатии происходит в двух взаимно перпендикулярных уровнях со стороны как верхних, так и нижних опорных граней призм. Это объясняется тем, что высота

клина в одном направлении составляет $h_l=12,75$ см, в другом $h_b=9,5$ см. Другой особенностью испытанных призм является принятая предпосылка, согласно которой величина сопротивления кирпича сжатию принимается близкой по значению величине сопротивления раствора сжатию. Испытания стандартных призм показали, что сопротивление растяжению (срезу), а также сопротивление сжатию кирпичной кладки оказалось значительно выше нормативных сопротивлений. Можно сделать вывод о том, что для совершенствования методики оценки сопротивления кладки необходимо дальнейшее экспериментальное исследование сопротивления каменных призм при различных соотношениях прочности кирпича и раствора.



Рис. 4. Характерные схемы разрушения кирпичных призм

Смещения вертикальных трещин относительно оси призм объясняются особенностью формирования условных клинообразных зон в продольном и поперечном направлениях, связанной с тем, что размеры грузовой площадки являются прямоугольными, т.е. $l_{sup,l} = 1,35l_{sup,b}$.

Анализ характера образования трещин в кирпичных призмах показал особенности их развития в продольном и поперечном направлениях сечения призм. Объясняется это тем, что длина сечения призм примерно в 1,4 раза больше ширины сечения призмы. На поперечной поверхности призм появляется одиночная вертикальная трещина, которая может отклоняться от вертикали в зоне местного действия нагрузки, т.е. в области клина. В другом направлении образуются две вертикальные трещины: одна проходит вдоль оси призмы, вторая смещается в сторону боковой грани. Однако принцип сопротивления призм не изменяется. Изменяется схема разрушения, которую можно трактовать как последовательное разрушение производных призм, которые самостоятельно сопротивляются внешним воздействиям сжимающих усилий. Далее с увеличением нагрузки наступает разрушение указанных мелких призм в результате появления продольных трещин поочередно в каждой призме.

Сделан вывод о том, что образование первых трещин на поперечных и тыльных сторонах кирпичных призм не является признаком окончательного разрушения. В это время происходит дробление образца на четыре, условно говоря, более мелкие призмы. Одновременно наступает трансформация клинообразной поверхности местного действия сжимающих усилий под грузовой и опорной площадками. В результате возникают четыре более мелкие клинообразные зоны, соответствующие более мелким призмам.

Образование первых продольных трещин имеет траектории крестообразного характера в поперечном сечении. Их развитие начинается в средней части призмы. Этот момент соответствует максимальному значению напряжений σ_i на диаграмме деформирования кладки (σ_i - ϵ_i).

С увеличением нагрузки образуются продольные трещины второго вида на тыльной поверхности призм (см. рис. 4). При этом величина усилий (напряжений) уменьшается. Наблюдается активное сопротивление более мелких условных призм. Образование вторых продольных трещин происходит также от развития поперечных деформаций в результате передачи сжимающих усилий S по боковым поверхностям трансформированных призм (см. рис. 1). Следовательно, величину усилий (напряжений) вдоль ниспадающей ветви диаграммы σ_i - ϵ_i можно определять на основе стержневой и каркасно-стержневой моделей СМ- τ и КСМ- τ суммарно образовавшихся более мелких призм, показанных на рис. 1 и 2, соответственно.

Предлагаемая расчетная модель с необходимой точностью описывает физическую картину сопротивления стандартных каменных призм сжатию. Подтверждается научная гипотеза, что разрушение призм происходит в результате развития поперечных деформаций. Проведенные в рамках комплексной программы изучения каменной кладки экспериментально-теоретические исследования кирпичных призм показали целесообразность использования разработанных моделей при совершенствовании методов расчета каменных конструкций.

Список литературы

1. Артюшин, Д.В. Прочность стен из каменной кладки при совместном действии вертикальных и горизонтальных сил: дис. ... канд. техн. наук / Д.В. Артюшин – Пенза, 1999. – 179 с.
2. Баранова, Т.И. Сопротивление стен из каменной кладки при совместном действии вертикальных и горизонтальных сил / Т.И. Баранова, Н.Н. Ласьков, Д.В. Артюшин // БСТ. – 1999. – №9. – С. 17–18.
3. Баранова, Т.И. Основы сопротивления стен из каменной кладки совместному действию вертикальных и горизонтальных сил: монография / Т.И. Баранова, Н.Н. Ласьков, Д.В. Артюшин – М., 2000. – 92 с. – Деп. во ВНИИТПИ, № 11782.
4. Баранова, Т.И. Модель сопротивления стандартных кирпичных призм при сжатии: Т.И. Баранова, Н.Н. Ласьков, Д.В. Артюшин // Вестник Волжского регионального отделения РААСН. – Н. Новгород, 2002. – Вып. 5. – С. 93–97.
5. Баранова, Т.И. Экспериментально-теоретические исследования стен из каменной кладки при совместном действии вертикальных и горизонтальных сил / Т.И. Баранова,

Д.В. Артюшин // Строительная индустрия: вчера, сегодня, завтра: сб. статей МНПК. – Пенза, 2011. – С. 45–50.

6. Artyushin, D. Experimental and analytical study of the behavior of masonry structures / D. Artyushin, G. Boldyrev – AMCM 2014, Wroclaw, Poland, June 16-18, 8-th International Conference. – P. 172–173.

7. Артюшин, Д.В. Результаты экспериментальных исследований стен из каменной кладки: Д.В. Артюшин, П.В. Баркаров // XV Международная научно-техническая конференция «Эффективные строительные конструкции: теория и практика»: сб. статей. – Пенза, 2015. – С. 17–22.

References

1. Artyushin, D.V. Durability of masonry walls at joint action of vertical and horizontal forces: dis. ... Candidate of Technical Sciences / D.V. Artyushin – Penza, 1999. – 179 p.

2. Baranova, T.I. Resistance of masonry walls at joint action of vertical and horizontal forces / T.I. Baranova, N.N. Laskov, D.V. Artyushin // Bulletin of construction equipment. – 1999. – No. 9. – P. 17–18.

3. Baranova, T.I. Bases of resistance of masonry walls to joint action of vertical and horizontal forces: monograph / T.I. Baranova, N.N. Laskov, D.V. Artyushin – M., 2000. – 92 p. – Are deposited with VNIINTPI, No. 11782.

4. Baranova, T.I. Model of resistance of standard brick prisms at compression: T.I. Baranova, N.N. Laskov, D.V. Artyushin // Bulletin of the Volga regional office of RAASN. – Release 5. – N. Novgorod, 2002. – P. 93–97.

5. Baranova, T.I. Experimental and theoretical researches of masonry walls at joint action of vertical and horizontal forces / T.I. Baranova, D.V. Artyushin // Construction industry: yesterday, today, tomorrow: collection of articles of the ISPC. – Penza, 2011. – P. 45–50.

6. Artyushin, D. Experimental and analytical study of the behavior of masonry structures / D. Artyushin, G. Boldyrev – AMCM 2014, Wroclaw, Poland, June 16-18, 8-th International Conference. – P. 172–173.

7. Artyushin, D.V. Results of experimental researches of masonry walls: D.V. Artyushin, P.V. Barkarov // XV International scientific and technical conference «Effective construction designs: theory and practice»: collection of articles. – Penza, 2015. – P. 17–22.

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

ENGINEERING SYSTEMS

УДК 62.64

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Ерёмкин Александр Иванович,
доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Теплогазоснабжение
и вентиляция»
E-mail: eremkin@pguas.ru

Аверкин Александр Григорьевич,
доктор технических наук, профессор
кафедры «Теплогазоснабжение
и вентиляция»
E-mail: algraw@mail.ru

Косов Максим Геннадьевич,
аспирант кафедры «Теплогазоснабжение
и вентиляция»

*Penza State University of Architecture
and Construction
Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77*

Eremkin Alexander Ivanovich,
Doctor of Sciences, Professor, Head of the
department «Heat and ventilation»
E-mail: eremkin@pguas.ru

Averkin Aleksandr Grigorievich,
Doctor of Sciences, Professor of the
department «Heat and Ventilation»
E-mail: algraw@mail.ru

Kosov Maksim Gennadievich,
Postgraduate student of the department «Heat,
gas supply and ventilation»

ПРОЦЕССЫ ТЕПЛООБМЕНА В ГРУНТОВОМ ТЕПЛООБМЕННИКЕ

А.И. Ерёмкин, А.Г. Аверкин, М.Г. Косов

Рассматривается энергосбережение в системах вентиляции современных зданий. Для снижения расхода энергии на нагрев (охлаждение) воздуха в системах приточно-вытяжной вентиляции предлагается использовать один из видов альтернативной энергетики – температуру грунта земли. Приточный воздух подается в помещение через систему горизонтально проложенных труб, расположенных в грунте на некоторой глубине, что позволяет нагревать его в холодный и охлаждать в летний период года.

Ключевые слова: приточно-вытяжная вентиляция, грунтовый теплообменник, процессы теплообмена в грунте, энергосбережение, альтернативная энергетика

HEAT EXCHANGE PROCESSES IN GROUND HEAT EXCHANGER

A.I. Eremkin, A. G. Averkin, M.G. Kosov

Consider Energy savings in the ventilation systems of modern buildings are considered. It is suggested to use one of the types of alternative energy – ground temperature – in order to reduce energy consumption for heating (cooling) air in plenum-exhaust ventilation. Supply air is supplied into the room through the horizontal storage pipes located in the ground at a certain depth, which allows to heat it during the cold season and cool it during the summer season.

Keywords: plenum-exhaust ventilation, ground heat exchanger, heat exchange process in ground, energy savings, alternative energy

В соответствии с [1] задача эффективного и рационального использования энергетических ресурсов является наиболее важной при создании и реконструкции систем теплоснабжения. Для решения поставленной задачи проектировщиками долж-

ны быть учтены такие вопросы, как: климатические условия места строительства, проблема охраны окружающей среды, дефицит выработки тепловой энергии, вид доступного местного топлива, износ существующих местных инженерных сетей. Рассматривая количественную сторону проблемы экономических затрат на теплоснабжение зданий, важно учитывать суровые климатические условия России. Наряду с этим необходимо отметить, что основными недостатками существующих систем теплоснабжения являются высокий уровень загрязнения окружающей среды и значительные денежные тарифы.

Влияние всех вышеперечисленных факторов, в условиях энергосбережения, может быть снижено путем внедрения в систему жизнеобеспечения здания грунтового теплообменника. Как мы знаем, в настоящее время в жилых и общественных зданиях с естественной вытяжной вентиляцией, без организованного подогрева приточного воздуха, возникают дополнительные теплотраты на нагрев воздуха в размере инфильтрационных поступлений Q_{in} [2]. Для компенсации теплотрат предлагается использовать энергию грунта для первичного подогрева (охлаждения) приточного воздуха, который подается в помещения через грунтовый теплообменник. Данный теплообменник состоит из системы канализационных труб, проложенных на глубине ниже точки промерзания грунта, в форме регистров (рис. 1, а, б) и змеевиков (рис. 1, в, г). Трубы грунтового теплообменника прокладываются вне здания (рис. 1, а, в) либо под ним (рис. 1, б, г).

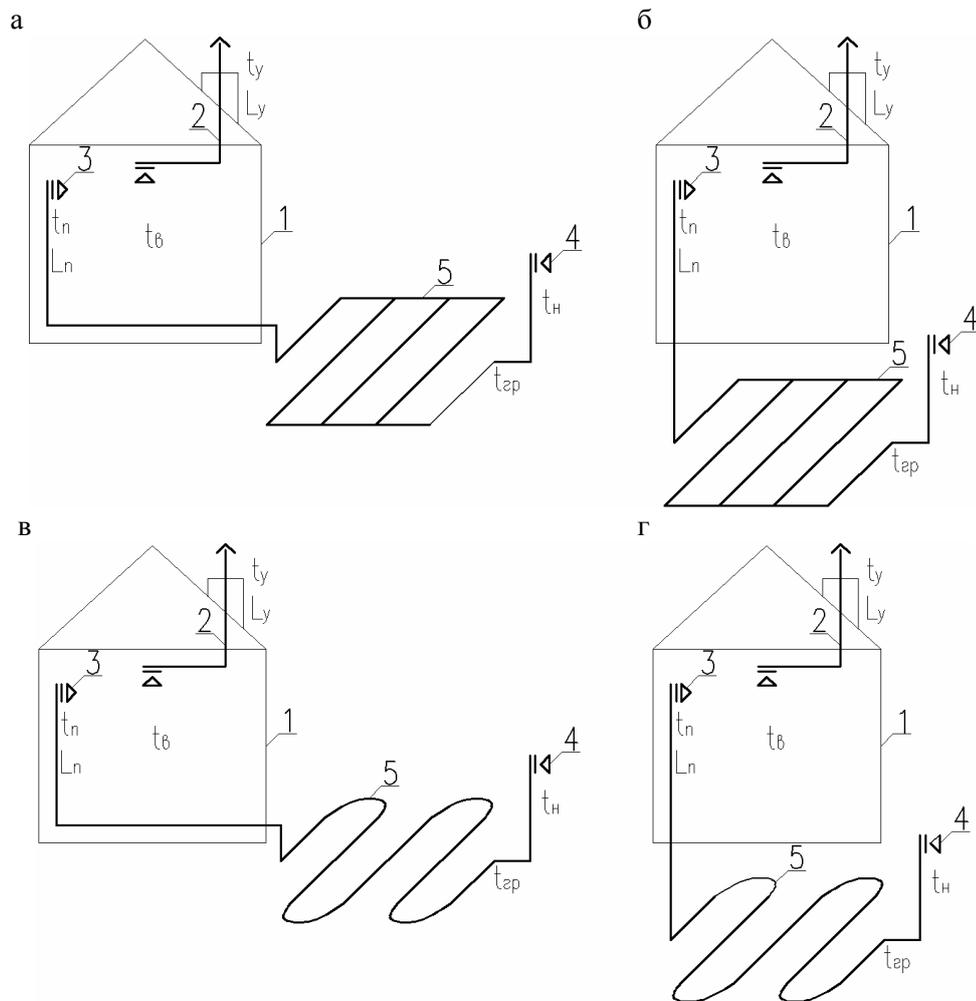


Рис. 1. Принципиальная схема расположения труб приточно-вытяжной вентиляции с грунтовым теплообменником:

1 – здание; 2 – система естественной вытяжной вентиляции; 3 – система приточной вентиляции; 4 – воздухозабор; 5 – грунтовый теплообменник

Предложенная схема естественной вентиляции работает следующим образом: теплый внутренний воздух с t_y , °С, удаляется из помещения через систему вытяжной вентиляции за счет разности плотностей внутреннего и наружного воздуха при $\rho_v < \rho_n$, кг/м³, в объеме L_y , м³/ч. Взамен удаляемого воздуха в отапливаемое помещение подается наружный воздух в объеме L_n , м³/ч, который, проходя через систему труб, нагревается от t_n , °С, до $t_{пн}$, °С, в холодный период года за счет температуры грунта $t_{гр}$, °С, и охлаждается от t_n , °С, до $t_{пн}$, °С, в теплый период года при интеграции в систему вытяжного вентилятора. Данная схема, за счет использования альтернативного источника теплоты (холода), позволяет экономить энергоресурсы, затрачиваемые на поддержание комфортных условий внутреннего микроклимата помещения.

Проведя сравнительное изучение таблиц средних температур грунта на глубине 1,6 м и средних месячных температур воздуха, можно оценить энергетический потенциал грунтового массива (см. табл. 1, 2).

Т а б л и ц а 1

Средние температуры грунта по месяцам на глубине 1,6 м для некоторых городов России

Город	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Архангельск	4	3,5	3,1	2,7	2,5	3	4,5	6	7,1	7	6,1	4,9
Барнаул	2,6	1,7	1,2	1,4	4,3	8,2	11	12,4	11,6	9,2	6,2	3,9
Москва	3,8	3,2	2,7	3	6,2	9,6	12,1	13,4	12,5	10,1	7,3	5
Оренбург	4,1	2,6	1,9	2,2	4,9	8	10,7	12,4	12,6	11,2	8,6	6
Сочи	11,2	9,8	9,6	11	13,4	16,2	18,9	20,8	21	19,2	16,8	13,5
Якутск	-5,6	-7,4	-7,9	-7	-4,1	-1,8	0,3	1,5	1,1	0,1	-0,1	-2,4

Т а б л и ц а 2

Средние месячные температуры наружного воздуха по месяцам для некоторых городов России

Город	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Архангельск	-13,6	-12,1	-5,7	0,1	6,6	12,7	16	13,2	8	1,8	-4,8	-9,9
Барнаул	-16,3	-14,4	-7,1	3,6	12,3	17,8	19,8	17	10,9	3,3	-6,5	-13,5
Москва	-7,8	-7,1	-1,3	6,4	13	16,9	18,7	16,8	11,1	5,2	-1,1	-5,6
Оренбург	-12,9	-12,4	-5,4	7,1	15,4	20,1	22	20,1	13,9	5,3	-3,1	-9,9
Сочи	6	6,2	8,3	12,2	16,1	20	23	23,3	19,8	15,6	11,3	7,9
Якутск	-39,6	-35	-20,8	-5,2	7,3	16,1	19,1	15,1	5,9	-8	-28,2	-39,1

На рис.2 представлен график зависимости температуры грунта на глубине 1,6 м от температуры наружного воздуха (на примере г. Москвы), позволяющий более точно оценить энергетический потенциал массива грунта.

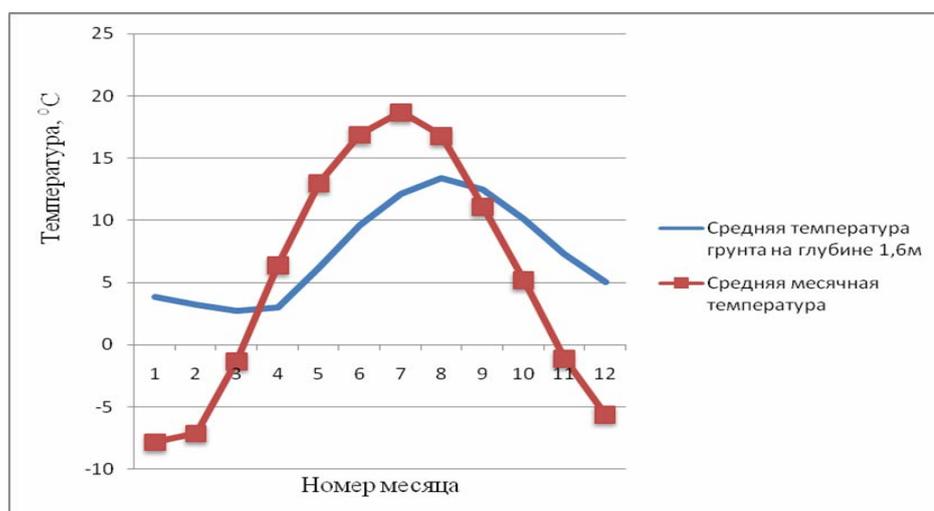


Рис. 2. Зависимость температуры грунта на глубине 1,6 м от температуры наружного воздуха на примере г. Москвы

Как видно из графика, грунтовой теплообменник является неэффективным в межсезонье, а максимальный температурный напор, соответственно КПД установки, достигается в период наступления максимальной, минимальной температур наружного воздуха. Также можно заметить, что характерной особенностью температурного режима грунта является запаздывание минимальных температур грунта относительно времени наступления минимальных температур наружного воздуха. Так, минимальные температуры наружного воздуха повсеместно наблюдаются в январе, а минимальные температуры в грунте на глубине 1,6 м – в марте-мае. Таким образом, очевидно, что к моменту наступления минимальных температур в грунте нагрузка на теплообменник (теплопотери здания) снижается.

Процесс передачи теплоты (холода) между объемом грунта и приточным воздухом через стенку теплообменника с физико-математической точки зрения можно рассматривать как нагревание и охлаждение при нестационарном тепловом режиме. Процессы теплообмена в таком случае могут быть описаны дифференциальными уравнениями теплопроводности Фурье, решение которых является сложной математической задачей, учитывающей теплофизические характеристики грунта в каждом отдельном случае, их изменение у поверхности при замерзании, движение грунтовых вод, наличие снежного или растительного покрова.

Здесь процесс теплообмена между грунтом и приточным воздухом, с целью упрощения инженерных расчетов, рассматривается как установившийся тепловой режим. Теплопередача в грунт при постоянном тепловом потоке $q = \text{const}$ была определена в соответствии с:

$$q = \frac{t_b - t_{гр}}{\frac{1}{\alpha_b} + \frac{1,13}{\beta} \sqrt{\frac{z}{\lambda \gamma c}}}, \quad (1)$$

где t_b – средняя температура воздуха в теплообменнике, °С; $t_{гр}$ – температура грунта, °С; α – средний коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·°С); β – формфактор, зависящий от формы выработки ($\beta = 1 + 0,38(\sqrt{az} / R)$ – для цилиндрической выработки большой протяженности); z – продолжительность теплового потока, ч; $\sqrt{\lambda \gamma c}$ – коэффициент тепловой активности [5].

Значение среднего коэффициента теплоотдачи было определено в условиях вынужденного движения воздуха внутри трубы при турбулентном режиме течения в соответствии с:

$$\alpha_b = \text{Nu} \frac{\lambda}{d}, \quad (2)$$

где Nu – число Нуссельта; λ – теплопроводность воздуха, Вт/(м·ч·°С); d – диаметр трубопровода, м.

$$\text{Nu} = 0,18 \text{Re}^{0,8}, \quad (3)$$

где Re – число Рейнольдса.

В результате расчета процесса теплообмена в системе «грунтовой теплообменник – грунтовой массив» авторами были получены величины плотности теплового потока и значение температуры воздуха на выходе из теплообменника заданной длины. Для оценки эффективности применения грунтового теплообменника в климатических условиях России был проведен теоретический эксперимент на примере типового трехуровневого коттеджа с отапливаемой площадью 310 м², расположенного в г. Пензе. Грунтовой теплообменник техническим расчетом был выбран в форме регистра, состоящего из 10 магистралей канализационной трубы диаметром 110 мм по 18 метров каждая. Первоочередной задачей эксперимента являлось нахождение возможного

экономического эффекта от внедрения грунтового теплообменника в систему приточно-вытяжной вентиляции здания. Наружные ограждающие конструкции рассматриваемого дома были приняты со следующими приведенными сопротивлениями теплопередаче:

- наружные стены $-3,09 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C} / \text{Вт}$;
- покрытия и перекрытия $-4,07 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C} / \text{Вт}$;
- окна и двери $-0,42 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.

Результаты теплотехнического расчета представлены ниже:

- основные потери теплоты $Q_0=17138 \text{ Вт}$;
- добавочные потери теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха в системе без грунтового теплообменника/с грунтовым теплообменником $Q_{\text{и}}=9964 \text{ Вт} / Q_{\text{и}}'=3519 \text{ Вт}$;
- дополнительные бытовые теплопоступления $Q_6=5270 \text{ Вт}$.

Расчетные теплопотери жилого дома были вычислены в соответствии с уравнением теплового баланса:

$$\Sigma Q_{\text{тп}}=Q_0+Q_{\text{и}}-Q_6=17138+9964-5270 \approx 21800 \text{ Вт.}$$

$$\Sigma Q_{\text{тп}}'=Q_0+Q_{\text{и}}'-Q_6=17138+3519-5270 \approx 15400 \text{ Вт.}$$

В соответствии со СНиП 2.04.07-86 «Тепловые сети» годовой расход теплоты жилых зданий, кДж/год,

$$Q_0 = 86,4 Q_{\text{тп}} \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{gpo}}}{t_{\text{в}} - t_0} \cdot n_0, \quad (4)$$

где $Q_{\text{тп}}$ – максимальный тепловой поток на отопление жилых зданий при заданной расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления, Вт; $t_{\text{в}}$ – средняя температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, °С; t_{gpo} – средняя температура наружного воздуха за период со среднесуточной температурой воздуха 8°С и менее, °С; t_0 – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, °С; n_0 – продолжительность отопительного периода, сут.

$$Q_0=86,4 \cdot 21832(20 - (-4,1))/(20 - (-27)) \cdot 200 \approx 193320 \text{ кДж/год,}$$

$$Q_0'=86,4 \cdot 15387(20 - (-4,1))/(20 - (-27)) \cdot 200 \approx 136080 \text{ кДж/год.}$$

Годовая экономия тепловой энергии составит:

$$\Xi = \frac{193320 - 136080}{193320} \cdot 100\% \approx 30\%.$$

Таким образом, несмотря на значительные капитальные вложения, применение грунтового теплообменника для систем приточно-вытяжной вентиляции может стать одним из способов повышения уровня энергетической эффективности здания.

Список литературы

1. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Еремкин, А.И. Отопление и вентиляция жилого здания / А.И. Еремкин, Т.И. Королева. – М.: АСВ, 2010.

References

1. Federal Law 23.11.2009 № 261-FZ «On energy saving and energy efficiency improvements and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation».
2. Eremkin, A.I. Heating and ventilation of residential buildings / A.I. Eremkin, T.I. Koroleva. – M.: DIA Publishing, 2010.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Данилов Александр Максимович,
доктор технических наук, профессор,
советник РААСН, зав. кафедрой
«Математика и математическое
моделирование»
E-mail: fmatem@pguas.ru

Гарькина Ирина Александровна,
доктор технических наук, профессор
кафедры «Математика и математическое
моделирование».
E-mail: fmatem@pguas.ru

Киселев Артем Анатольевич,
аспирант
E-mail: fmatem@pguas.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Danilov Alexander Maksimovich,
Doctor of Sciences, Professor, Adviser of the
Russian Academy of Architectural and
Construction Sciences, Head of the department
«Mathematics and Mathematical Modeling»
E-mail: fmatem@pguas.ru

Garkina Irina Aleksandrovna,
Doctor of Sciences, Professor
of the department «Mathematics
and Mathematical Modeling»
E-mail: fmatem@pguas.ru

Kiselev Artem Anatolievich,
Postgraduate student
E-mail: fmatem@pguas.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРИ ПОДГОТОВКЕ МАГИСТРОВ И АСПИРАНТОВ

А.М. Данилов, И.А. Гарькина, А.А. Киселев

Обсуждаются вопросы математического моделирования и обработки экспериментальных данных, непосредственно связанные с подготовкой магистров и аспирантов. Выделяются программные вопросы, имеющие особый прикладной интерес для строительной отрасли.

Ключевые слова: подготовка магистров и аспирантов, математическое моделирование, обработка опытных данных, математическое программирование, принятие решений

MODELING AND DATA PROCESSING OF EXPERIMENTAL DATA IN PREPARING UNDERGRADUATES AND POSTGRADUATES

A.M. Danilov, I.A. Garkina, A.A. Kiselev

Processing of experimental data connected with training undergraduates and postgraduates and mathematical modeling of different processes and objects are discussed. Program issues especially important for construction industry are highlighted.

Keywords: training undergraduates and postgraduates, mathematical modeling, processing of experimental data, mathematical programming, decision-making

Наибольшими возможностями познания действительности обладает *математическое моделирование*. Оно позволяет исследовать процессы, различающиеся физическим содержанием, но описываемые одинаковыми математическими соотношениями. Это успешно применяется и в самой математике; так, решения, полученные численными методами, являются моделями истинных решений, которые можно рассматривать как реальные объекты. Математическая модель, описывающая формализованный процесс функционирования системы, в состоянии охватить только основные, характерные закономерности. Не всегда можно указать формальные правила для выбора характеристик состояний и параметров исследуемых реальных систем. Иссле-

дователь вынужден руководствоваться лишь собственной интуицией, *опирающейся на постановку прикладной задачи и понимание природы функционирования системы.*

Процесс математизации, развитие и применение математических моделей и математического аппарата в ближайшие годы будет лишь усиливаться. Этим объясняется возросший интерес к тому, как именно осуществляется процесс применения математики: как создаются математические модели, как они изучаются и интерпретируются. В то же время все это изучено поразительно слабо. Конечно, речь идет не о многочисленных конкретных случаях применения математики, а об изучении общих законов этого применения. Нет особых путей приложения математики, позволяющих избежать кропотливого освоения, развития и применения современных математических методов, необходимых для того или иного исследования [1, 2].

Исходя из этого, ниже обсуждаются некоторые вопросы моделирования и обработки экспериментальных данных, непосредственно связанные с подготовкой магистров и аспирантов [3]. Основной упор делается не на математическую сторону рассматриваемых вопросов, а на прикладные аспекты приложений.

Поиск оптимальных условий является одной из наиболее распространенных научно-технических задач. Они возникают тогда, когда есть возможность проведения процесса и требуется определить наилучшие, оптимальные в некотором смысле, условия его реализации [4]. Например, прочность бетона σ существенно зависит от марки x_1 цемента, количеств x_2, x_3 соответственно наполнителя и воды (факторы).

Эксперимент, состоящий в определении x_1, x_2, x_3 , при которых достигается максимальная прочность σ_{\max} , будет экстремальным. Простейшим из методов планирования экстремальных экспериментов является метод крутого восхождения Бокса – Уилсона [5]. Идея метода состоит в том, что экспериментатору предлагается ставить последовательно небольшие серии опытов, в каждом из которых по определенным правилам *одновременно* варьируются все факторы, соответствующие способам воздействия на объект исследования. Серии организуются так, что после математической обработки предыдущей серии можно спланировать условия проведения следующей серии: последовательно шаг за шагом достигается область оптимума. Методы планирования эксперимента широко используются для выбора оптимального состава многокомпонентных смесей и сплавов, увеличения производительности действующих установок, повышения качества продукции, выбора оптимальных параметров систем автоматики и т.д. При поиске оптимальных условий используется *математическая модель объекта* исследования (функция отклика)

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

связывающая параметры оптимизации с факторами; выбрать модель – выбрать вид функции отклика. Тогда остается спланировать и провести эксперимент для оценки численных значений коэффициентов этого уравнения. Для этого используется шаговый принцип. В факторном пространстве выбирается точка и рассматривается множество точек ее окрестности. В окрестности проводится эксперимент, по результатам которого строится первая модель (используется для предсказания результата в точках, не входящих в эксперимент; интерполяция и экстраполяция). Экстраполяция возможна недалеко от окрестности исходной точки. По результатам исследования локальной области определяется направление максимального роста (уменьшение функции отклика), в этом направлении ставятся следующие опыты, пока значения функции отклика уменьшаются. Затем ставится эксперимент в новой локальной области – окрестности точки, лежащей на определенном ранее направлении. Выбирается новое направление, соответствующее росту отклика, и в этом направлении ставится следующий опыт и т.д. При определении модели используются метод наименьших квадратов, понятие вектора-градиента, методы проверки адекватности модели.

При решении технико-экономических задач эффективно применяются *детерминированные модели*, прежде всего для решения экстремальных задач. Математически задача состоит в определении наибольшего или наименьшего значения *целевой функ-*

ции $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ при условиях $q_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_i, i = \overline{m}$, где f и q_i – заданные функции; b_i – некоторые действительные числа. Если f и q_i – линейные функции, то задача будет задачей *линейного программирования*; если хотя бы одна из функций – f и q_i – не линейна, то – *нелинейного программирования*. В случае двух факторов для решения задачи линейного программирования можно использовать *графический метод*, при большем числе переменных применяется аналитический метод последовательного улучшения плана (*симплексный метод*). Особенно эффективно используются детерминированные модели при решении *специальных задач линейного программирования*: транспортной задачи, задач об использовании ресурсов, о распределении выпуска продукции по предприятиям, о выборе оптимального размещения головных сооружений, об оптимальном размещении сети культурно-бытового обслуживания, задачи о смесях, архитектурно-строительных задач (например, модульного строительства) и т.д. Изложение этих вопросов основывается на *понятии начального допустимого базисного решения и методов его получения*.

Среди задач линейного программирования выделяется специальный класс задач, известный под названием *сетевых*. Они имеют приложение ко всем отраслям промышленного и экономического планирования: распределение потоков товаров, людей, газа, нефти или воды. В качестве примера укажем задачу о перегрузке товаров: готовая продукция распределяется по складам, а оттуда попадает к потребителям с минимальными расходами. Источники, склады и потребители – *узлы сети*. Пути между ними – *дуги*. Обычно на каждой дуге указывается ее *максимальная пропускная способность*. Задача состоит в получении максимально возможного потока от источника к стоку. Направления потоков не могут быть изменены. Расходы на перевозку также не учитываются. Так формулируется *сетевая задача о максимальном потоке*.

В задаче нелинейного программирования требуется найти значение многомерной переменной $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, минимизирующее целевую функцию $q(\mathbf{x})$, когда на переменную \mathbf{x} наложено ограничение типа неравенств

$$f_i(\mathbf{x}) \leq 0, i = \overline{1, m};$$

а переменные $x_j \geq 0$ (случай противоположных знаков неравенств легко сводится к равенствам одного знака). Если некоторые ограничения входят в задачу со знаком равенства, то их можно представить в виде пары неравенств $\varphi(\mathbf{x}) \leq 0, -\varphi(\mathbf{x}) \leq 0$ (сохраняется типовая формулировка задачи). При решении *задач оптимизации* особое внимание следует уделить *необходимым условиям*, которым должна удовлетворять точка, оптимизирующая целевую функцию и удовлетворяющая всем ограничениям (обычно не являются достаточными, но облегчают поиск оптимального решения). В *классической задаче оптимизации без ограничений необходимые условия оптимума*

$$\frac{\partial \varphi(\mathbf{x})}{\partial x_j} = 0, \dots, j = \overline{1, n}$$

определяют стационарные точки целевой функции $\varphi(\mathbf{x})$. В задаче *нелинейного программирования аналогичными условиями являются условия Куна – Таккера (интерпретируется как седловая точка функции Лагранжа $L(\mathbf{x}, \boldsymbol{\lambda}) = q(\mathbf{x}) + \sum_{i=1}^m \lambda_i f_i(\mathbf{x})$, в которой $L(\mathbf{x}, \boldsymbol{\lambda})$ достигает минимума по \mathbf{x} и максимума по $\boldsymbol{\lambda}$: $L(\mathbf{x}_0, \boldsymbol{\lambda}) \leq L(\mathbf{x}_0, \boldsymbol{\lambda}_0) \leq L(\mathbf{x}, \boldsymbol{\lambda}_0)$). Для общего случая задачи нелинейного программирования пока эффективных вычислительных методов нет. Такие методы разработаны лишь для частного случая (*квадратичного программирования*), в котором минимизируется сумма линейной и квадра-*

тичной форм при ограничениях вида линейных неравенств и неотрицательности переменных.

Выше задачи линейного и нелинейного программирования определялись в один шаг, то есть задачи рассматривались как *одноэтапные* или *одношаговые*. Существуют *многошаговые*, *многоэтапные* методы. Это группа задач *динамического программирования*. Здесь на каждом этапе определяется решение некоторой частной задачи, обусловленной исходной. Термин «динамическое программирование» не столько определяет особый тип задач, сколько характеризует методы нахождения решения отдельных классов задач математического программирования, которые могут относиться к задачам как линейного, так и нелинейного программирования. Поэтому целесообразно дать общую постановку задачи динамического программирования и определить единый подход к ее решению. Ограничимся *геометрической интерпретацией* задачи. Пусть состояние системы характеризуется некоторой точкой S на плоскости $x_1 O x_2$ и эта точка в результате управления ее движением перемещается вдоль некоторой линии; $\{S_0\}$ – область возможных начальных состояний, $\{S_k\}$ – область допустимых конечных состояний. Каждому управлению U движением точки, то есть каждой траектории движения точки, поставим в соответствие значение некоторой функции $W(U)$ (например, длина пути, пройденного точкой под воздействием данного управления). Тогда задача состоит в том, чтобы из всех допустимых траекторий движения точки S найти такую, которая получается в результате *управления* U^* , *обеспечивающего экстремальное значение функции* $W(U^*)$. К определению такой траектории сводится и задача динамического программирования в случае, когда допустимое состояние системы S определяется точками n -мерного пространства; используется *функциональное уравнение Беллмана* [1].

Решение многих технических и экономических задач, прежде всего решаемых методами математического программирования (задачи со случайными параметрами), связано и с применением *стохастических моделей*. В некоторых случаях случайные величины еще до начала решения задачи заменяются их усредненными значениями. Однако такой прием, означающий, что случайный процесс заменяется его детерминированной моделью, применим не всегда. Он дает хорошие результаты только тогда, когда *рассматриваемая система состоит из многочисленных объектов и когда случайные отклонения каждого из них взаимно компенсируются*. Такой подход к решению стохастических задач состоит в том, что *оптимизируется не сама функция цели, а ее математическое ожидание*. Одним из приемов при решении таких задач является представление задачи в форме, позволяющей осуществлять решение методами нелинейного (*выпуклого*) или динамического программирования. Если некоторые параметры являются случайными, то задачи решаются либо одношагово, либо в несколько шагов.

Особый класс задач – *принятие решения в условиях неопределенности* – связан с *теорией игр*; неопределенность результата определяется столкновением противоположных интересов участников игры. Основные *неопределенности результата* игры: комбинаторные источники, влияние случайных факторов, отсутствие информации о действиях противника, о его стратегии. Задачей теории игр является выработка рекомендации для игроков (определение для них оптимальной стратегии, обеспечивающей при многократном повторении игры максимально возможный средний выигрыш данного игрока). *Оптимальная стратегия определяется с использованием критериев Байеса, принципов недостаточного основания Лапласа, максиминного критерия Вальда, критерия минимального риска* и т.д.

Важный класс задач рассматривается в теории *массового обслуживания* [6] (обслуживание с ожиданием, процесс обслуживания как марковский случайный процесс, уравнения для определения вероятностей состояния, определение стационарного решения, системы с отказами, а также смешанного типа).

Приоритет отдельных рассмотренных вопросов, естественно, должен определяться исходя из направлений подготовки магистров и аспирантов с учетом ГОСов и паспортов специальностей.

Список литературы

1. Данилов, А.М. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем / А.М. Данилов, И.А. Гарькина, Э.Р. Домке. – Пенза: ПГУАС, 2011. – 296 с.
2. Данилов, А.М. Теория вероятностей и математическая статистика с инженерными приложениями / А.М. Данилов, И.А. Гарькина. – Пенза: ПГУАС, 2010. – 228 с.
3. Данилов, А.М. Междисциплинарные связи при компетентностном подходе к подготовке бакалавров / А.М. Данилов, И.А. Гарькина, И.В. Маркелова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3. – С. 188.
4. Преодоление неопределенности целей в задачах многокритериальной оптимизации на примере разработки сверхтяжелых бетонов для защиты от радиации / И.А. Гарькина, А.М. Данилов, Е.В. Королев, В.А. Смирнов // Строительные материалы. – 2006. – № 9. – С. 104–105.
5. Планирование эксперимента. Обработка опытных данных: монография / И.А. Гарькина [и др.]; под ред. проф. А.М. Данилова. – М.: Палеотип, 2005. – 272 с.
6. Гарькина, И.А. Автосервис и перевозки с позиций теории систем массового обслуживания / И.А. Гарькина, А.М. Данилов, М.Н. Карев // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4. – С. 225.

References

1. Danilov, A.M. Mathematical and computer modeling of complex systems / A.M. Danilov, I.A. Garkina, E.R. Domke. – Penza: PGUAS, 2011. – 296 p.
2. Danilov, A.M. Probability theory and mathematical statistics with engineering applications / A.M. Danilov, I.A. Garkina. – Penza: PGUAS, 2010. – 228 p.
3. Danilov, A.M. Interdisciplinary communication with the competency approach to training bachelors / A.M. Danilov, I.A. Garkina, I.V. Markelova // Modern problems of science and education. – 2014. – № 3. – P. 188.
4. Overcoming uncertainty goals multicriteria optimization problems on the example of the development of super heavy concrete for protection against radiation / I.A. Garkina, A.M. Danilov, E.V. Korolev, V.A. Smirnov // Building materials. – 2006. – № 9. – P. 104–105.
5. Experimental Design. Processing of experimental data: monograph / I.A. Garkina [et al.]; ed. prof. A.M. Danilov. – M.: PALEOTYP, 2005. – 272 p.
6. Garkina, I.A. Car and transportation to the theory of queuing systems / I.A. Garkina, A.M. Danilov, M.N. Karev // Modern problems pro-science and education. – 2014. – № 4. – P. 225.

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Андреев Сергей Юрьевич,
доктор технических наук, профессор
кафедры «Водоснабжение, водоотведение
и гидротехника»
E-mail: andreev3007@rambler.ru

Гарькина Ирина Александровна,
доктор технических наук,
профессор кафедры «Математика и
математическое моделирование»

Петрунин Алексей Алексеевич,
аспирант кафедры «Водоснабжение,
водоотведение и гидротехника»
E-mail: dok.89@list.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*
Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Andreev Sergey Yuryevich,
Doctor of Sciences, Professor of the
department «Water supply, sewerage and
hydraulic engineering»
E-mail: andreev3007@rambler.ru

Garkina Irina Aleksandrovna,
Doctor of Sciences, Professor of the
department «Mathematics and mathematical
modelling»

Petrinin Aleksey Alekseevich,
Postgraduate of the department «Water
supply, sewerage and hydraulic engineering»
E-mail: dok.89@list.ru

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ВОДОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ ФЛОТАЦИОННОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

С. Ю. Андреев, И. А. Гарькина, А.А. Петрунин

Выполнен анализ теоретических основ процесса механического диспергирования водовоздушной смеси. Показано, что высокий уровень диссипации энергии, необходимой для получения тонкодисперсной водовоздушной смеси, может быть достигнут в процессе ее кавитационной обработки.

Ключевые слова: водовоздушная смесь; роторно-кавитационное устройство; турбулентные пульсации скорости; диссипация энергии; механическое диспергирование

THEORETICAL FOUNDATIONS OF THE DISPERSION PROCESS OF WATER-AIR MIXTURE, USED FOR FLOTATION WASTEWATER TREATMENT

S.Y. Andreev, I.A. Gar'kina, A.A. Petrunin

The authors give the analysis of theoretical foundations of the process of mechanical dispersion of water-air mixture. It is shown that a high level of energy dissipation required to obtain finely dispersive water-air mixture can be achieved in the process of cavitation treatment

Keywords: water-air mixture; rotary-kavitation device; turbulent velocity fluctuations; energy dissipation; mechanical dispersion

При механическом диспергировании газовой фазы в воде обрабатываемая воздушная смесь подвергается процессу интенсивного перемешивания. Степень дисперсности пузырьков воздуха будет тем выше, чем интенсивнее будет происходить относительное перемещение газовой и жидкой фазы, и чем меньше величина поверхностного натяжения на границе раздела фаз «воздух – вода» [1–3].

Перемещение газовой фазы (пузырька воздуха) относительно жидкой фазы (воды) происходит под действием турбулентных пульсаций скорости движения потока водовоздушной смеси, образующихся в процессе перемешивания.

Интенсивное перемешивание водовоздушной смеси позволяет осуществить перемещение газовой фазы (пузырька воздуха) относительно жидкой фазы (воды). В про-

цессе этого перемещения происходит деформация пузырька воздуха и его дробление. Чем меньше величина поверхностного натяжения на границе пузырька воздуха, тем интенсивней протекают процессы его диспергирования.

На пузырек воздуха в процессе интенсивного перемешивания водовоздушной смеси действуют турбулентные пульсации скорости движения потока, в результате чего и происходит его относительное перемещение.

Дробление пузырьков воздуха смеси происходит лишь под воздействием турбулентных пульсаций скорости потока, имеющих масштаб λ , не превышающий диаметр этих пузырьков $d_{\text{п}}$.

Пульсации скорости потока больших размеров (масштабов) будут просто перемещать пузырек воздуха из одной точки потока в другую, не деформируя его.

Таким образом, масштабы турбулентных пульсаций скорости потока, приводящие к диспергированию пузырьков воздуха в перемешиваемой водовоздушной смеси, должны быть примерно равны размерам этих пузырьков.

Поскольку в турбулентном потоке перемешиваемой воздушной смеси наблюдается широкий спектр масштабов пульсаций скоростей, то диспергирование пузырьков воздуха происходит вплоть до размеров, сопоставимых с размерами наиболее низко-масштабных пульсаций, обладающих достаточной энергией для нарушения сплошности раздела фаз «газ-жидкость».

Наибольшей энергией и наименьшим масштабом λ_0 обладают турбулентные пульсации, при которых происходит диссипация их энергии (рассеивание энергии в окружающую среду).

λ_0 принято называть внутренним масштабом турбулентности, величина которого зависит от значения удельной секундной диссипации энергии $\varepsilon_{\text{т}}$, Вт/кг (энергии, затрачиваемой на перемешивание) и вязкости среды, характеризуемой величиной кинематического коэффициента вязкости ν , (м²/с).

Величину удельной секундной диссипации энергии $\varepsilon_{\text{т}}$ принято определять как отношение энергии, затрачиваемой на перемешивание смеси N (Вт), к ее массе M (кг):

$$\varepsilon_{\text{т}} = \frac{N}{M} \left(\frac{\text{Вт}}{\text{кг}} \right); \left(\frac{\text{м}^2}{\text{с}^3} \right). \quad (1)$$

При воздействии на пузырек воздуха диаметром $d_{\text{п}}$ турбулентной пульсации потока, масштаб которой λ сопоставим с размерами пузырька ($\lambda \approx d_{\text{п}}$) он будет перемещаться относительно жидкости со скоростью $V_{\text{п}}$ и испытывать действие силы гидродинамического давления $F_{\text{гд}}$:

$$F_{\text{гд}} = \frac{\pi d_{\text{п}}^2}{4} \xi \frac{v_{\text{п}}^2}{2} \rho, \text{ Н}. \quad (2)$$

В процессе перемещения на пузырек воздуха также будет действовать сила поверхностного натяжения $F_{\text{пн}}$:

$$F_{\text{пн}} = \pi d_{\text{п}}^2 \Delta P_{\text{п}} = \pi d_{\text{п}}^2 \frac{4\sigma_{\text{п}}}{d_{\text{п}}} = 4\pi d_{\text{п}} \sigma_{\text{п}}, \text{ Н}. \quad (3)$$

Пузырек сохранит свою сферическую форму, если в процессе перемещения будет соблюдаться стационарный режим действия силы поверхностного натяжения, характеризующийся стационарностью условий относительно действия силы поверхностного натяжения, при этом

$$F_{\text{пн}} > F_{\text{гд}}, \text{ Н}. \quad (4)$$

В случае, когда

$$F_{\text{пн}} \leq F_{\text{гд}}, \text{ Н}. \quad (5)$$

Пузырек воздуха будет деформироваться, в результате чего величина силы поверхностного натяжения $F_{\text{пн}}$ возрастет и скомпенсирует действие силы гидродинамического давления $F_{\text{гд}}$. При некотором критическом значении $V_{\text{п}}$ действие силы гидродинамического давления не может быть скомпенсировано увеличением силы поверхностного натяжения за счет деформации пузырька воздуха, в результате чего произойдет его дробление.

Условием начала процесса деформации поверхности пузырька воздуха под действием турбулентных пульсаций потока масштабом λ будет:

$$F_{\text{пн}} = F_{\text{гд}}, \text{ Н.} \quad (6)$$

Величина элементарной работы, совершаемой против действия силы поверхностного натяжения, может быть определена как

$$\Delta A_{\text{пн}} = F_{\text{пн}} \Delta l, \text{ Дж,} \quad (7)$$

где Δl – элементарное перемещение пузырька воздуха относительно жидкости, м.

При продолжительности перемещения пузырька воздуха Δt , с, со скоростью $V_{\text{п}}$, м/с

$$\Delta l = V_{\text{п}} \Delta t, \text{ м,} \quad (8)$$

тогда

$$\Delta A_{\text{пн}} = F_{\text{пн}} v_{\text{п}} \Delta l, \text{ Дж.} \quad (9)$$

Элементарная мощность при перемещении пузырька воздуха на расстояние Δl может быть определена как:

$$\Delta N_{\text{пн}} = \frac{\Delta A_{\text{пн}}}{\Delta T} = \frac{F_{\text{пн}} v_{\text{п}} \Delta l}{\Delta T} = \frac{4\pi d_{\text{п}} \sigma_{\text{п}} v_{\text{п}} \Delta T}{\Delta T} = 4\pi d_{\text{п}} \sigma_{\text{п}} v_{\text{п}}, \text{ Вт, } \frac{\text{Дж}}{\text{с}}. \quad (10)$$

Величина удельной секундной диссипации энергии при этом составит

$$\varepsilon_{\text{T}} = \frac{\Delta N_{\text{пн}}}{\Delta m}, \frac{\text{Вт}}{\text{кг}}. \quad (11)$$

Масса элементарного объема жидкости перемешиваемой пузырьком воздуха диаметром $d_{\text{п}}$ при его элементарном перемещении Δl

$$\Delta m = \frac{\pi d_{\text{п}}^2}{4} \Delta l \rho = \frac{\pi d_{\text{п}}^2}{4} v_{\text{п}} \Delta T \rho, \text{ кг,} \quad (12)$$

тогда

$$\varepsilon_{\text{T}} = 4\pi d_{\text{п}} \sigma_{\text{п}} v_{\text{п}} \cdot \frac{4}{\pi d_{\text{п}}^2 \rho v_{\text{п}} \Delta T} = 16 \frac{\sigma_{\text{п}}}{d_{\text{п}} \rho \Delta T}, \frac{\text{Вт}}{\text{кг}}. \quad (13)$$

Величина элементарной энергии силы поверхностного натяжения может быть определена как

$$\Delta E_{\text{пн}} = \pi d_{\text{п}}^2 \sigma_{\text{п}}, \text{ Дж,} \quad (14)$$

тогда

$$\Delta T = \frac{E_{\text{пн}}}{\Delta N_{\text{пн}}} = \pi d_{\text{п}}^2 \sigma_{\text{п}} \cdot \frac{1}{4\pi d_{\text{п}} \sigma_{\text{п}} v_{\text{п}}} = \frac{1}{4} \frac{d_{\text{п}}}{v_{\text{п}}}, \text{ с.} \quad (15)$$

В работе [4] приводится методика Р. Хигби, в соответствии с которой рекомендуется определить величину ΔT (время экспозиции) как:

$$\Delta T = \frac{d_{\text{п}}}{v_{\text{п}}}, \text{ с.} \quad (16)$$

Формула (16) была получена Р. Хигби на основе теории подобия без проведения термодинамического анализа. По нашему мнению, в данном случае было бы корректно использовать в качестве линейного размера пузырька воздуха не величину диаметра его поперечного сечения максимальной площади d_n (м), а величину его гидравлического радиуса R_n , представляющего собой отношения максимальной площади поперечного сечения ω_n (м²) к величине смоченного периметра этого сечения χ_n (м)

$$R_n = \frac{\omega_n}{\chi_n} = \frac{\pi d_n^2}{4} \cdot \frac{1}{\pi d_n} = \frac{d_n}{4}, \text{ м.} \quad (17)$$

Подставляя формулу (15) в формулу (13), получим

$$\varepsilon_T = 16 \frac{\sigma_n}{d_{np}} \cdot \frac{4v_n}{d_n} = 64 \frac{\sigma_n}{d_{np}^2 \rho} v_n, \text{ Вт/кг.} \quad (18)$$

Откуда

$$\varepsilon_T^2 = 4098 \frac{\sigma_n^2}{d_n^4 \rho^2} v_n^2, \text{ Вт}^2/\text{кг}^2. \quad (19)$$

Из (6) имеем

$$\frac{\pi d_n^2}{4} \rho \xi \frac{v_n^2}{2} = 4\pi d_n \sigma_n. \quad (20)$$

Откуда

$$v_n^2 = \frac{32}{d_n} \cdot \frac{\sigma_n}{\rho \xi}, \text{ м}^2/\text{с}^2. \quad (21)$$

Подставляя формулу (20) в формулу (19), имеем

$$\varepsilon_T^2 = \frac{131072}{\xi} \cdot \frac{\sigma_n^3}{d_n^5 \rho^3}, \text{ Вт}^2/\text{кг}^2. \quad (21)$$

Откуда

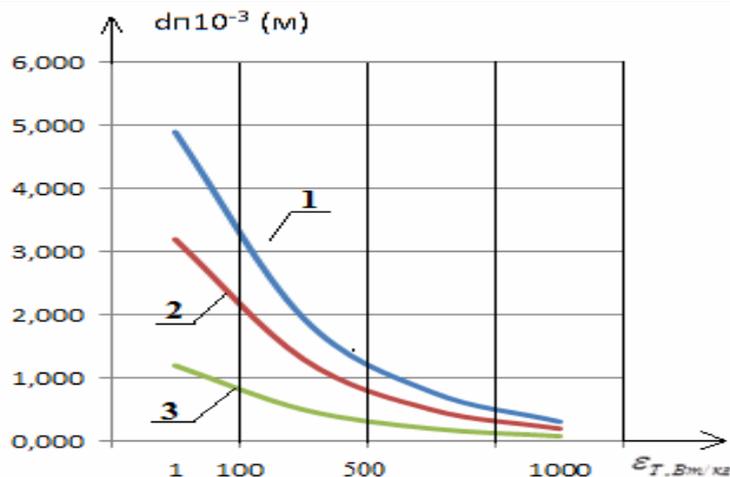
$$d_n = K_{гд} \left(\frac{\sigma_n^3}{\varepsilon_T^2 \rho^3} \right)^{1/5}, \text{ м,} \quad (22)$$

где $K_{гд} = \left(\frac{131072}{\xi} \right)^{1/5}$ – коэффициент, зависящий от гидродинамических условий, при которых осуществляется процесс диспергирования водовоздушной смеси.

В соответствии с рекомендациями [4] $K_{гд} = \frac{3}{2}$.

На рисунке представлены графики зависимостей среднего диаметра пузырьков воздуха d_n в водовоздушной смеси, подвергнутой механическому диспергированию, от величины удельной секундной диссипации энергии ε_T при различных значениях коэффициента поверхностного натяжения неискривленной поверхности раздела фаз «жидкость – газ» $\sigma_{жг}$, полученных и с использованием формулы (22):

- 1) $\sigma = 0,073$ Дж/м²;
- 2) $\sigma = 0,035$ Дж/м²;
- 3) $\sigma = 0,007$ Дж/м²



Данные, представленные на рисунке, свидетельствуют о том, что получить водовоздушную смесь со средним диаметром пузырьков воздуха d_n менее 100 мкм в процессе ее механического диспергирования возможно лишь при величине удельной секундной диссипации энергии ε_r более 500 Вт/кг при добавлении поверхностно активных веществ.

Столь высокий уровень плотности диссипации энергии, необходимый для получения тонкодисперсной водовоздушной смеси, может быть достигнут за счет использования кавитационной обработки. Кавитационная обработка является технологическим приемом, позволяющим реализовать эффект концентрации среднего уровня энергии низкой плотности в высокую, связанную с пульсациями и захлопыванием кавитационных каверн.

Список литературы

1. Андреев, С.Ю. Теоретические основы процессов генерации динамических двухфазовых систем «вода – воздух» и их использование в технологиях очистки воды / С.Ю. Андреев. – Пенза: ПГУАС, 2005. – 194 с.
2. Андреев, С.Ю. Совершенствование флотационной очистки производственных сточных вод / С.Ю. Андреев, И.А. Гарькина, А.А. Петрунин // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №2. – С.157–162.
3. Андреев, С.Ю. Кинематические закономерности процесса флотации из сточных вод без инерционных дисперсных частиц / С.Ю. Андреев, И.А. Гарькина, А.А. Петрунин // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №3. – С.131–136.
4. Теоретические и экспериментальные исследования флотационной очистки нефтесодержащих производственных сточных вод с применением вихревых смесительных устройств / Б.М. Гришин, С.Ю. Андреев, Н.Н. Ласьков, В.Г. Камбург // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – №1. – С.99–108.

References

1. Andreev, S.Y. Theoretical basis of generation of dynamic two-phase «air – water» systems and their use in water treatment technology / S.Y. Andreev. – Penza: PGUAS, 2005. – 194 p.
2. Andreev, S.Y. Improved flotation treatment of industrial wastewater / S.Y. Andreev, I.A. Garkina, A.A. Petrunin // Regional architecture and engineering. – 2014. – №2. – P.157–162.
3. Andreev, S.Y. The kinematic patterns of the flotation process of wastewater without inertial dispersed particles / S.Y. Andreev, I.A. Garkina, A.A. Petrunin // Regional architecture and engineering. – 2014. – №3. – P.131–136.
4. Theoretical and experimental investigations of the flotation treatment of oily industrial waste water using vortex mixing devices / B.M. Grishin, S.Y. Andreev, N.N. Laskov, V.G. Kamburg // Regional architecture and engineering. – 2012. – №1. – P.99–108.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Андреев Сергей Юрьевич,
доктор технических наук, профессор
кафедры «Водоснабжение, водоотведение
и гидротехника»
E-mail: andreev3007@rambler.ru

Гарькина Ирина Александровна,
доктор технических наук,
профессор кафедры «Математика и
математическое моделирование»

Петрунин Алексей Алексеевич,
аспирант кафедры «Водоснабжение,
водоотведение и гидротехника»
E-mail: dok.89@list.ru

Ласьков Николай Николаевич,
доктор технических наук, зав. кафедрой
«Строительные конструкции»
E-mail: stroyconst@pguas.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*
Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Andreev Sergey Yuryevich,
Doctor of Sciences, Professor of the
department «Water supply, sewerage and
hydraulic engineering»
E-mail:andreev3007@rambler.ru

Garkina Irina Aleksandrovna,
Doctor of Sciences, Professor of the
department «Mathematics and mathematical
modeling»

Petrinin Aleksey Alekseevich,
Postgraduate student of the department
«Water supply, sewerage and hydraulic
engineering»
E-mail: dok.89@list.ru

Laskov Nikolay Nikolaevich,
Doctor of Sciences, Head of the department
«Building constructions»
E-mail: stroyconst@pguas.ru

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ВОДОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В РОТОРНО-КАВИТАЦИОННОМ УСТРОЙСТВЕ

С. Ю. Андреев, И. А. Гарькина, А.А. Петрунин, Н.Н. Ласьков

Приведены результаты лабораторных исследований технологии диспергирования водовоздушной смеси в роторно-кавитационном устройстве. Показано, что предлагаемая технология позволяет получить мелкодисперсную смесь с высоким газонаполнением.

Ключевые слова: водовоздушная смесь; пузырек воздуха; диспергирование; флотация; роторно-кавитационное устройство

LABORATORY RESEARCH OF THE TECHNOLOGY OF WATER MIXTURE DISPERSION IN ROTARY-CAVITATION DEVICE

S.Y. Andreev, I.A. Gar'kina, A.A. Petrunin, N.N. Laskov

The results of laboratory research of the technology dispersion of water-air mixture in a rotary-cavitation device are given. It is shown that the proposed technique provides a fine mixture with high gas filling.

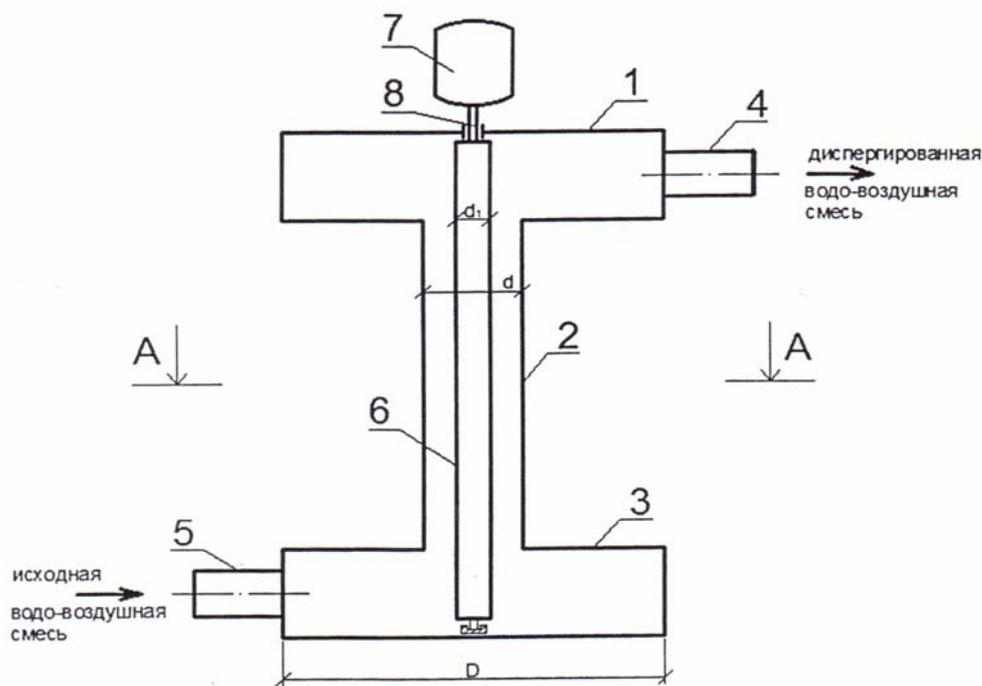
Keywords: water mixture; air bubble; dispersion; flotation; rotary-cavitation device

Одним из наиболее распространенных технологических приемов, используемых для удаления загрязнений из производственных сточных вод, является метод флотационной очистки. Эффективность метода флотационной очистки определяется свойствами применяемой в этом процессе водовоздушной смеси.

Флотационная очистка производственных сточных вод от нефтепродуктов возможна только при условии использования мелкодисперсной водовоздушной смеси с диаметром пузырьков воздуха менее $d_n=100$ мкм [1–4].

С повышением степени газонаполнения водовоздушной смеси эффективность процесса флотационной очистки производственных сточных вод от нефтепродуктов увеличивается.

Сотрудниками Пензенского государственного университета архитектуры и строительства была разработана новая технология диспергирования пузырьков воздуха, позволяющая получить тонкодисперсную водовоздушную смесь с высоким газонаполнением. Диспергирование водовоздушной смеси осуществлялось в процессе ее обработки в роторно-кавитационном устройстве (на рис. 1 представлена конструктивная схема роторно-кавитационного устройства; на рис. 2 приведен общий вид роторно-кавитационного устройства).



Фиг. 1

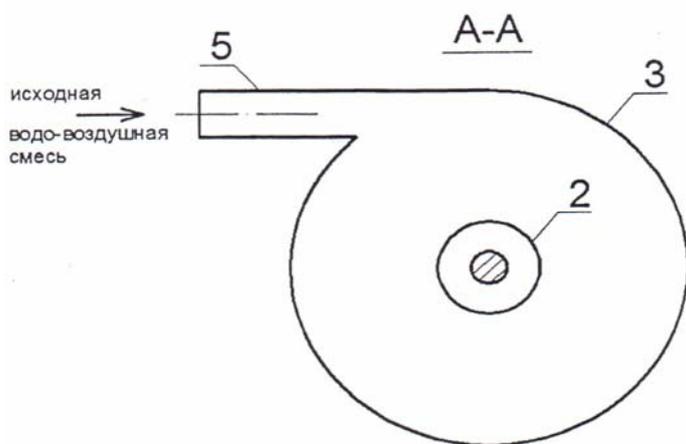


Рис. 1. Конструктивная схема роторно-кавитационного устройства



Рис. 2. Общий вид роторно-кавитационного устройства

Роторно-кавитационное устройство содержит камеру входа водовоздушной смеси 1, вихревую камеру 2, камеру выхода диспергированной водовоздушной смеси 3, патрубок 5 подачи исходной водовоздушной смеси и патрубок 4 отвода диспергированной водовоздушной смеси. По оси вихревой камеры 2 расположен ротор 6, соединенный валом 8 с электродвигателем 7.

Камера входа водовоздушной смеси 1 и камера выхода диспергированной водовоздушной смеси 3 имеют одинаковый диаметр D . Вихревая камера 2 имеет диаметр $d=(0,2-0,3)D$. Поверхность ротора 6, покрыта силикатной эмалью. Диаметр ротора $d_p=(0,1-0,3)d$.

Устройство работает следующим образом. Крупнодисперсная водовоздушная смесь, образующаяся на выходе с эжектора, под остаточным давлением поступает в патрубок 5, тангенциально присоединенный к камере входа 3. За счет тангенциальной подачи водовоздушной смеси в камере входа 3 создается вращательное движение потока. При выходе потока из камеры 3 в соосно присоединенную к ней вихревую камеру 2 угловая скорость вращения смеси ω в соответствии с принципом сохранения момента количества движения увеличивается пропорционально квадрату отношения D/d .

В результате вращательно-поступательного движения водовоздушной смеси в вихревой камере 2 создается поле действия центробежных сил, под воздействием которого пузырьки воздуха переносятся к оси камеры. В приосевой области вихревой камеры возникает пониженное давление. По оси вихревой камеры размещается ротор, приводимый во вращение электродвигателем 7 посредством вала 8. На поверхности вращающегося ротора 6, покрытой силикатной эмалью, в результате прилипания к ней пузырьков воздуха создаются искусственные газовые каверны. Создание пульсирующих искусственных газовых каверн за счет подачи в область разрежения около тела обтекания (ротора 6) воздуха обеспечивает возникновение режима кавитации, при котором образуются кавитационные пузырьки, состоящие из паров воды. Эти пузырьки растут до критических размеров, после чего схлопываются. Возникающие в момент схлопывания кавитационных пузырьков кумулятивные струйки обеспечивают диспергирование пузырьков воздуха водовоздушной смеси. Прошедшая кавитационно-кумулятивную обработку в вихревой камере 2 диспергированная водовоздушная смесь поступает в камеру выхода 3 и отводится из устройства через патрубок 4.

В роторно-кавитационном устройстве 7 предусмотрена возможность замены ротора 8, покрытого силикатной эмалью, на ротор с необработанной поверхностью.

Лабораторные исследования процесса диспергирования водовоздушной смеси проводились на установке, схема которой представлена на рис. 3.

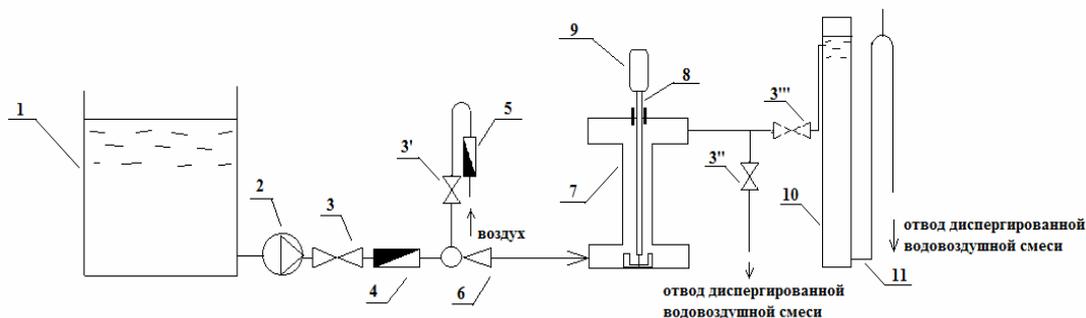


Рис. 3. Схема лабораторной установки для исследования процесса диспергирования водовоздушной смеси:

- 1 – бак для промывочных сточных вод машиностроительного предприятия; 2 – насос;
3, 3', 3'', 3''' – запорная арматура; 4 – расходомер перекачиваемых сточных вод;
5 – поплавковый ротаметр для контроля расхода подсосываемого воздуха; 6 – водовоздушный эжектор; 7 – роторно-кавитационное устройство; 8 – ротор; 9 – электродвигатель;
10 – стеклянная колонна; 11 – патрубок для отвода диспергированной водовоздушной смеси

В ходе проведения исследований процесса диспергирования водовоздушной смеси реальные промывные сточные воды машиностроительного предприятия обрабатывались на лабораторной установке, схема которой представлена на рис. 3.

Промывные сточные воды из бака 1 подавались центробежным насосом 2 в водовоздушный эжектор 6. Расход сточных вод регулировался запорной арматурой 3 и измерялся расходомером 4. Расход подсосываемого водовоздушным эжектором 6 воздуха контролировался поплавковым ротаметром 5 и регулировался вентилем 3'.

Расход водовоздушной смеси, подаваемой в стеклянную колонну 10, регулировался вентилями 3'' и 3'''.

Величина удельного газонаполнения водовоздушной смеси, подаваемой в роторно-кавитационное устройство, регулировалась вентилем 3' и изменялась в пределах $\varphi = 0,1 - 0,7$.

Частота вращения ротора 8, имеющего диаметр $d_p = 14 \cdot 10^{-3}$ м, изменялась в пределах $\Pi_p = 1,7 - 100$ с⁻¹ регулятором на электродвигателе 9. Окружная скорость поверхности ротора при этом составляла $v_{ок} = 0,08 - 4,4$ м/с.

Вентильми 3'' и 3''' устанавливался расход водовоздушной смеси, подаваемой в стеклянную колонну 10, обеспечивающий величину скорости нисходящего потока на уровне 0,14 м/с, что позволяло отделить из водовоздушной смеси пузырьки воздуха, имеющие диаметр более $d_{п} = 500$ мкм.

Величину среднего диаметра пузырьков воздуха $d_{пс}$ в водовоздушной смеси в колонне 10 определяли путем резкого закрытия вентиля 3'''.

В результате прекращения подачи водовоздушной смеси в колонну 10 в ней в процессе всплывания пузырьков воздуха образовывалась граница раздела «водовоздушная смесь – вода». По скорости движения границы раздела $v_{пс}$ с учетом формулы Стокса определялся средний диаметр пузырьков воздуха в водовоздушной смеси $d_{пс}$, м.

$$d_{пс} = \sqrt{\frac{18v_{пс}v_{см}}{g} \frac{\rho}{\rho - \rho_{в}}}, \quad (1)$$

где ρ и $\rho_{в}$ – соответственно плотность воды и воздуха, кг/м³.

Величину газонаполнения водовоздушной смеси в колонне 10 определяли по формуле

$$\varphi_k = \frac{H_{см} - H_{ж}}{H_{см}}, \quad (2)$$

где $H_{см}$ – высота слоя водовоздушной смеси в колонне 10 после закрытия вентиля 3'''; $H_{ж}$ – высота слоя жидкости после отделения из водовоздушной смеси пузырьков воздуха, м.

Величину коэффициента кинематической вязкости водовоздушной смеси $\nu_{см}$, м²/с, определяли в соответствии с рекомендациями, приведенными [4], по формуле

$$\nu_{см} = \nu \frac{1 + \frac{9}{2}\varphi}{1 - \varphi}. \quad (3)$$

Проведенные лабораторные исследования технологии диспергирования водовоздушной смеси в роторно-кавитационном устройстве позволили сделать следующие выводы:

1. Обработка водовоздушной смеси, полученной при пропускании промывочных сточных вод машиностроительного предприятия через эжектор в роторно-кавитационном устройстве, является эффективным способом ее диспергирования, позволяющим получить мелкодисперсную водовоздушную смесь ($d_{пс} = 56\text{--}100$ мкк) с высоким газонаполнением ($\varphi = 0,06\text{--}0,11$)

2. Покрытие ротора роторно-кавитационного устройства силикатной эмалью марки МК-5 позволяет уменьшить средний диаметр воздушных пузырьков $d_{пс}$ в диспергированной водовоздушной смеси в 1,90–2,25 раза и повысить ее газонаполнение в 2,75–6,0 раз.

3. Увеличение окружной скорости вращения ротора роторно-кавитационного устройства с $v_{ок} = 3,0$ м/с до $v_{ок} = 4,5$ м/с приводит к уменьшению среднего диаметра пузырьков воздуха в диспергированной водовоздушной смеси в 1,52–1,79 раза и повышению ее газонаполнения в 1,83–4,0 раза.

4. Повышение газонаполнения водовоздушной смеси, подаваемой в роторно-кавитационное устройство, с $\varphi = 0,1$ до $\varphi = 0,7$ позволяет уменьшить средний диаметр воздушных пузырьков в диспергированной водовоздушной смеси в 1,10–1,11 раза.

5. Увеличение скорости подачи водовоздушной смеси в камеру входа роторно-кавитационного устройства с $v_{ко} = 0,5$ м/с до $v_{вк} = 4,5$ м/с приводит к снижению размеров водовоздушных пузырьков $d_{пс}$ в диспергированной водовоздушной смеси в 1,24–1,29 раза.

Список литературы

5. Исследование вихревых смесительных устройств с эмалевыми покрытиями для интенсификации работы флотационных установок / С.Ю. Андреев, Б.М. Гришин, М.В. Бикунова, Л.Б. Гришин // Известия вузов. Строительство. – 2008. – №11–12. – С.6.

6. Андреев, С.Ю. Совершенствование флотационной очистки производственных сточных вод / С.Ю. Андреев, И.А. Гарькина, А.А. Петрунин // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №2. – С.157–162.

7. Андреев, С.Ю. Кинематические закономерности процесса флотации из сточных вод без инерционных дисперсных частиц / С.Ю. Андреев, И.А. Гарькина, А.А. Петрунин // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №3. – С.131–136.

8. Андреев, С.Ю. Теоретические основы процессов генерации динамических двухфазовых систем «вода – воздух» и их использование в технологиях очистки воды / С.Ю. Андреев. – Пенза: ПГУАС, 2005. – 194 с.

1. The study of vortex mixing devices with enamel cooling to intensify the work of flotation plants / S.Y. Andreev, B.M. Grishin, M.V. Bikunova, L.B. Grishin // Proceedings of the universities. Building. – 2008. – №11–12. – P.6.
2. Andreev, S.Y. Improvement of flotation treatment of industrial wastewater / S.Y. Andreev, I.A. Garkina, A.A. Petrunin // Regional architecture and engineering. – 2014. – №2. – P.157–162.
3. Andreev, S.Y. The kinematic patterns of flotation process of wastewater without inertial dispersed particles / S.Y. Andreev, I.A. Garkina, A.A. Petrunin // Regional architecture and engineering. – 2014. – №3. – P.131–136.
4. Andreev, S.Y. Theoretical basis of generation of dynamic two-phase «air – water» systems and their use in water treatment technology / S.Y. Andreev. – Penza: PGUAS, 2005. – 194 p.

Московский государственный
строительный университет
Россия, 129337, г. Москва, Ярославское
шоссе, д. 26
Ватанский Владимир Александрович,
студент
Фриштер Людмила Юрьевна,
доктор технических наук, доцент,
зав. кафедрой «Высшая математика»
E-mail: lfrishter@mail.ru vmat@mgsu.ru

Moscow State University of Civil Engineering
Russia, 129337, Moscow, 26, Yaroslavskoe
Shosse
Vatansky Vladimir Aleksandrovich,
student
Frishter Lyudmila Yur'evna,
Doctor of Sciences, Associate Professor,
Head of the department «Higher mathematic»
E-mail: lfrishter@mail.ru vmat@mgsu.ru

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

В.А. Ватанский, Л.Ю. Фриштер

Приводятся обзор и сопоставительный анализ методов обработки экспериментальных данных.

Ключевые слова: спектральный анализ, вейвлет-анализ, метод предварительной обработки данных

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF EXPERIMENTAL DATA PROCESSING

V.A. Vatansky, L.Yu. Frishter

An overview and comparative analysis of the methods of experimental data processing are provided in the article.

Keywords: spectral analysis, wavelet analysis, method of data pre-processing.

Обработка экспериментальных данных характеризуется множественностью подходов. Выбор того или иного инструмента для решения прикладных задач обусловлен целями и задачами проводимого исследования, типом данных, ограничениями на используемые ресурсы и другими факторами.

При проведении динамического мониторинга виброколебаний сооружений шлюза и высотного здания возникла необходимость систематики методов обработки данных и структуры полученных результатов.

Для измерения вибраций применяется широкополостный виброметр (велосиметр) SP 400 – молекулярно-электронный сейсмический датчик с обратной связью, предоставленный организацией «Инжстройсервис-1», занимающейся динамическим мониторингом сооружений. Для обработки записей применяется модуль послесекансной обработки ACTest@-Analyzer, позволяющий экспортировать данные в текстовые файлы для обработки в других программах. Разные интервалы измерений – от 10 минут до 1 часа – содержат большой объем данных (до нескольких сотен миллионов значений), потребовавший их обработки и анализа результатов.

Практическая значимость и актуальность работы состоит в применении систематики методов по их возможностям обработки данных для анализа сигналов, полученных при проведении динамического мониторинга сооружений.

Целью работы является обзор и сопоставительный анализ методов обработки экспериментальных данных: методы спектрального или гармонического анализа, основанные как на стандартном, так и на оконном преобразовании Фурье, методы вейвлет-анализа: метод огибающих и анализ вейвлет-спектрограмм, методы предварительной обработки данных (метод первоначального сглаживания), фрактальный анализ.

Различные методы дают различные по представлению результаты, поэтому анализ методов проводится с точки зрения анализа структуры получаемых данных. Различия

и особенности в представлении результатов в большей степени определяют выбор каждого метода их обработки [1-8]. Структура результатов обработки некоторых из рассматриваемых методов представлена на схеме рис. 1.

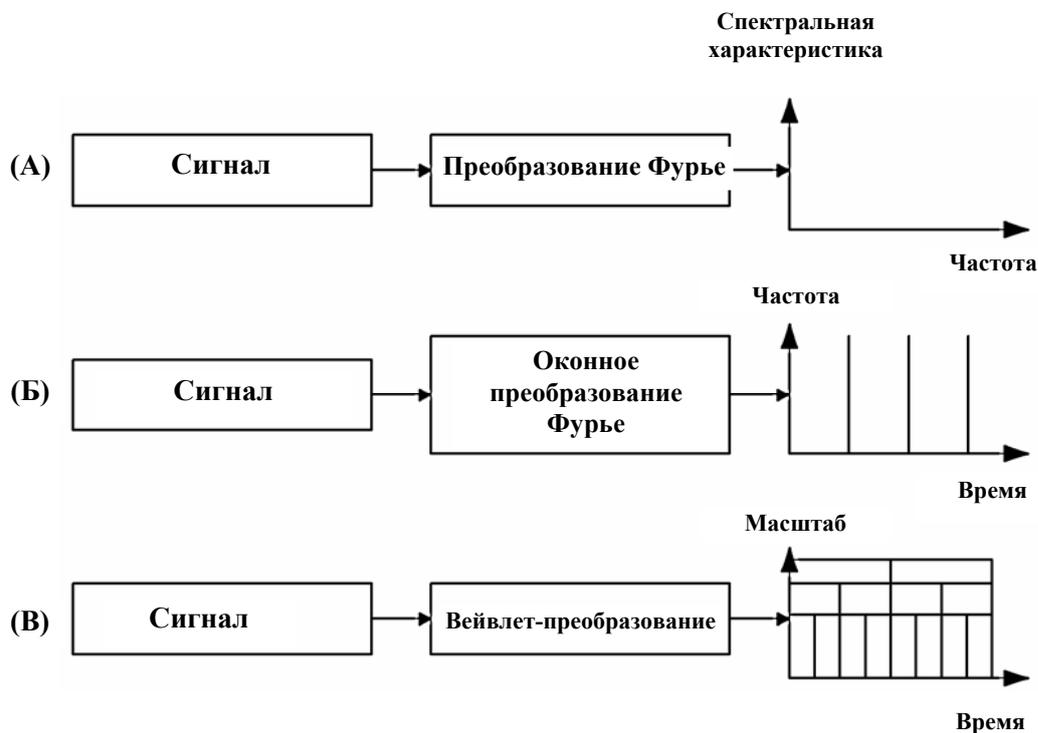


Рис. 1. Схематическое изображение исследования сигнала преобразованием Фурье (А), оконным фурье-преобразованием (Б) и вейвлет-преобразованием (В)

Результат фурье-преобразования показывает амплитудно-частотную характеристику сигнала – наличие и амплитуду различных гармоник в сигнале (рис. 1А). Оконное фурье-преобразование демонстрирует наличие гармоник в сигнале в заданном диапазоне движущегося вдоль временной оси окна (рис. 1Б). Вейвлет-преобразование демонстрирует масштабные сравнения сигнала с заданными базовыми вейвлетами в каждый момент времени существования сигнала (рис. 1В).

Изучается возможность методов регистрировать изменения в характере данных во времени их развития. Для такого анализа рассматриваются два пробных (тестовых) сигнала, состоящих из трех гармоник на частотах 12, 50 и 75 Гц. В первом случае (рис. 2.1) частотный состав не меняется со временем, во втором (рис. 2.2) – гармоники следуют друг за другом.

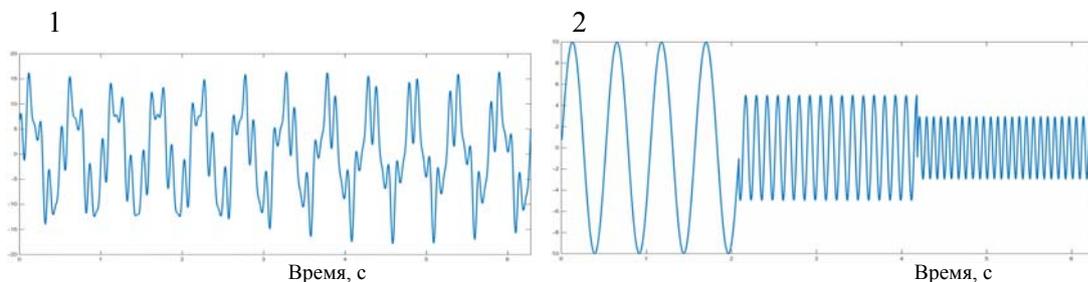


Рис. 2. Регистрация изменения данных во времени:

- 1 – стационарный сигнал, представляющий собой сумму трех гармоник с частотами 12, 50 и 75 Гц;
- 2 – нестационарный сигнал, содержащий гармоники с частотами 12, 50 и 75 Гц на разных временных интервалах

Гармонический анализ представленных сигналов дает возможность показать их частотный состав (рис.3).

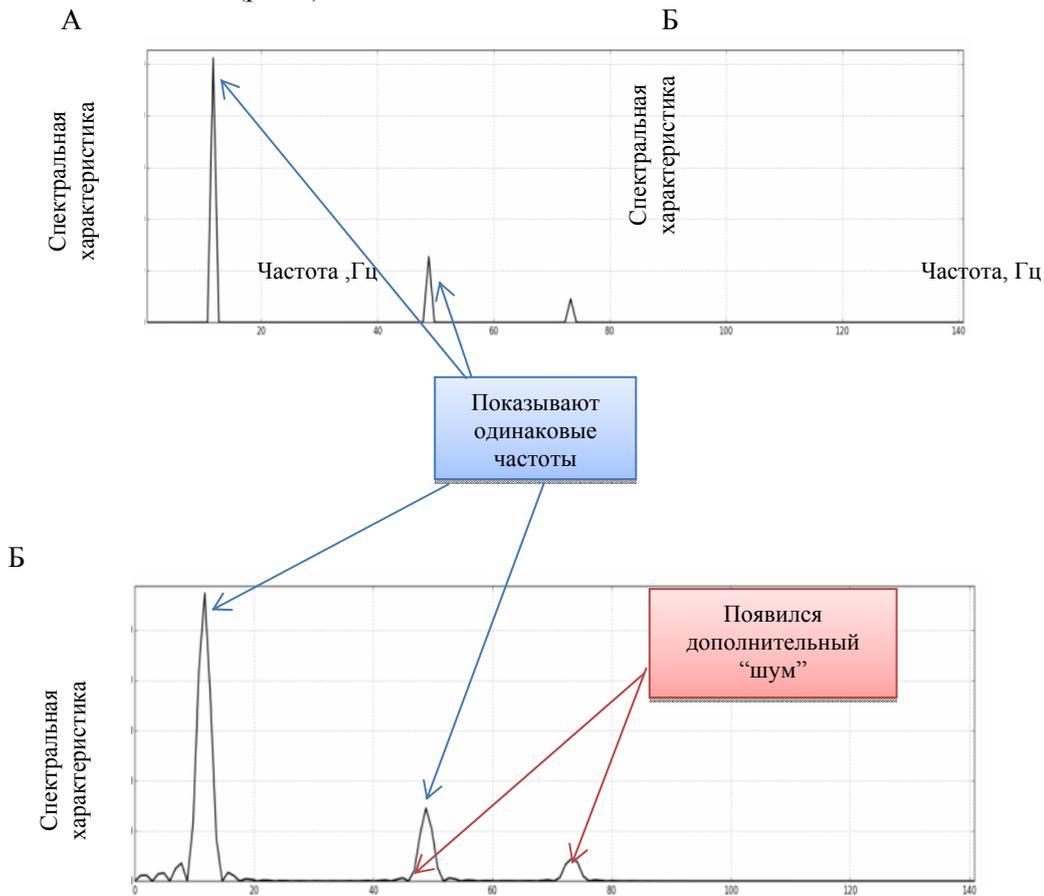


Рис.3. Спектральная характеристика:

А – стационарного сигнала (см. рис. 2.1), представляющего сумму трех гармоник с частотами 12, 50 и 75 Гц; Б – нестационарного сигнала (см. рис.2.2), содержащего гармоники с частотами 12, 50 и 75 Гц

По данным спектральным функциям видно, что гармонический анализ на основе обычного преобразования Фурье дает представление только о частотном составе сигнала. Отметим, что даже в такой несложной задаче с тремя частотами, при чередовании гармоник во времени, на спектре наблюдаются дополнительные шумы, вызванные грубостью стыковки гармоник на разных частотах, а также вычислительными ошибками при использовании данного метода. Чем больше значение спектральной функции на конкретной частоте, тем большей амплитудой обладает гармоника на этой частоте и, соответственно, тем больший вклад вносит эта гармоника в весь волновой ансамбль. Приведем некоторые «недостатки» фурье-разложения сигналов при их исследовании.

Гармонические базисные функции разложения ряда Фурье неспособны отображать перепады сигналов с бесконечной крутизной типа прямоугольных импульсов. При конечном числе членов ряда Фурье в окрестностях скачков, разрывов в восстановленном сигнале возникают значительные осцилляции – явление Гиббса (Gibbs phenomenon).

Появляются «паразитные» высокочастотные составляющие, явно отсутствующие в исходном сигнале при наличии в нём скачков и разрывов.

По сути, преобразование Фурье дает представление о том, какие частоты в спектре сигнала присутствуют, но не может ответить на вопрос, каково время существования спектральных составляющих сигнала. Для временной локализации спектральных компонентов необходимо частотно-временное представление сигнала.

Проблема регистрации изменений частотного состава сигналов во времени частично решается методом гармонического анализа, с использованием оконного преобразования Фурье (ОПФ).

В случае применения оконного преобразования Фурье вводится движущаяся вдоль независимой переменной (пространство или время) оконная функция. Временной интервал сигнала разделяется на подынтервалы (дискретные или непрерывные, в зависимости от заданного алгоритма скольжения оконной функции). Преобразование Фурье выполняется последовательно для каждого подынтервала в отдельности. Тем самым осуществляется переход к частотно-временному (или частотно-координатному) представлению сигналов, при этом в пределах каждого подынтервала сигнал предполагается стационарным. Результатом ОПФ является семейство спектров, которым отображается изменение спектра сигнала по интервалам сдвига окна преобразования. Фурье-спектрограммы рассмотренных тестовых сигналов (см. рис.2) приведены на рис.4.

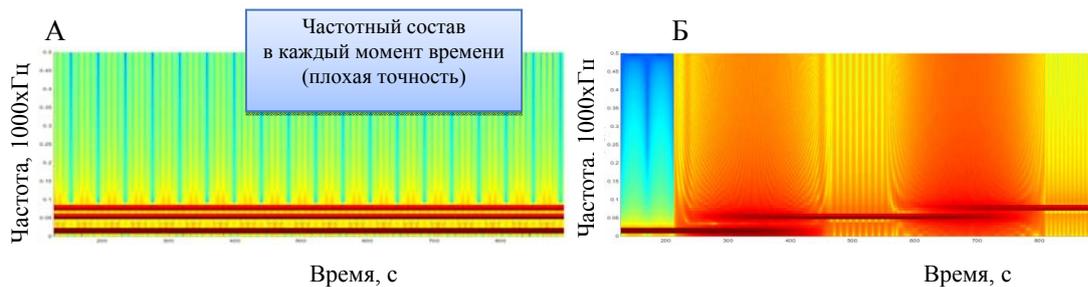


Рис.4. Фурье-спектрограммы тестовых сигналов:

А – стационарного сигнала, представляющего собой сумму трех гармоник с частотами 12, 50 и 75 Гц; Б – нестационарного сигнала, содержащего гармоники с частотами 12, 50 и 75 Гц на разных временных интервалах

На рис.4 видно, что для двух тестовых сигналов зарегистрированы все три частоты. При этом в первом случае (рис.4А) можно сделать вывод о том, что сигнал однороден по времени, во втором же случае (рис.4Б) можно наблюдать изменение частотного состава сигнала. Единственный недостаток такого подхода – это низкая точность. Выделить интервалы времени, в которых была доминирующей какая-либо частота, полагаясь только на представленные спектрограммы, практически невозможно. Единственное, что утверждается – характер сигнала меняется с течением времени.

Поэтому одним из недостатков оконного преобразования Фурье является то, что весовое окно имеет фиксированную ширину, что не позволяет осуществлять анализ с точки зрения адаптивности метода по ширине окна.

Более точно решает эту проблему краткомасштабный вейвлет-анализ.

Вейвлет-спектрограммы рассмотренных тестовых сигналов (см. рис.2) представлены на рис.5.

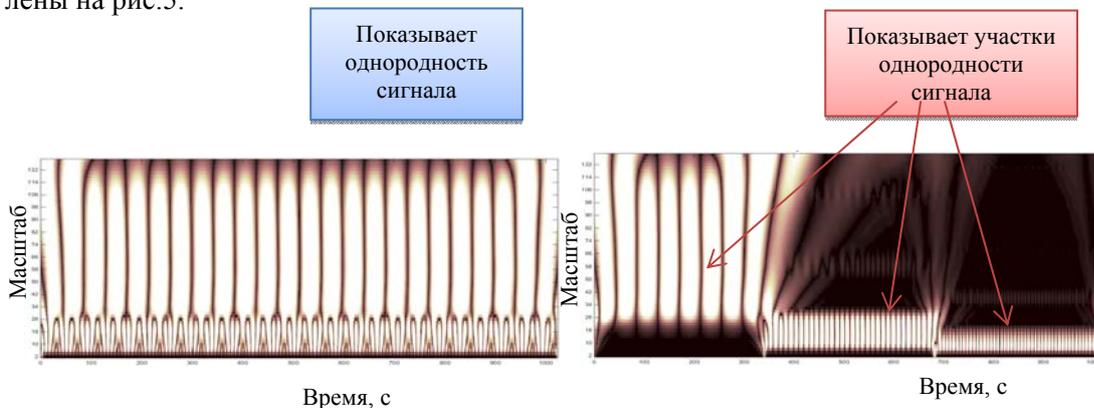


Рис.5. Вейвлет-спектрограммы тестовых сигналов

Данный подход позволяет с необходимой точностью определять участки, где состав сигнала однороден, а также по доминирующим значениям вейвлет-коэффициентов в разложении (большим значениям соответствуют белые участки) можно сравнить гармоники по амплитуде (чем меньше масштаб, тем меньше амплитуда колебаний) и по частоте (по частоте чередования темных и светлых полос).

Метод сглаживания заключается в устранении скачков, присущих рассматриваемым данным, для улучшения качества результатов обработки при сохранении характера колебаний. В соответствии целями проводимых исследований сглаживание данных проводится различными способами.

Один из простых методов заключается в следующем: данные разбиваются на смысловые локальные участки, далее в пределах каждого участка выбирается несколько базовых точек и по ним строится приближенная функция, сохраняющая поведение исходных данных на этом участке, но исключая резкие скачки (рис.6). Такой метод предобработки, как правило, всегда приводит к уточнению результатов последующей обработки данных. Вейвлет-спектрограммы сигнала до и после сглаживания с учетом предварительной обработки сигнала приведены на рис.7.

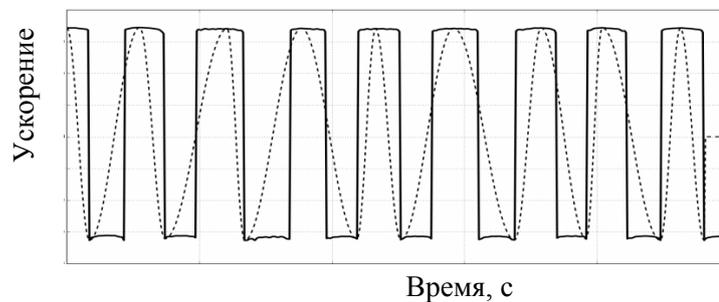


Рис.6. Пример сглаживания локального участка отдельно взятого сигнала

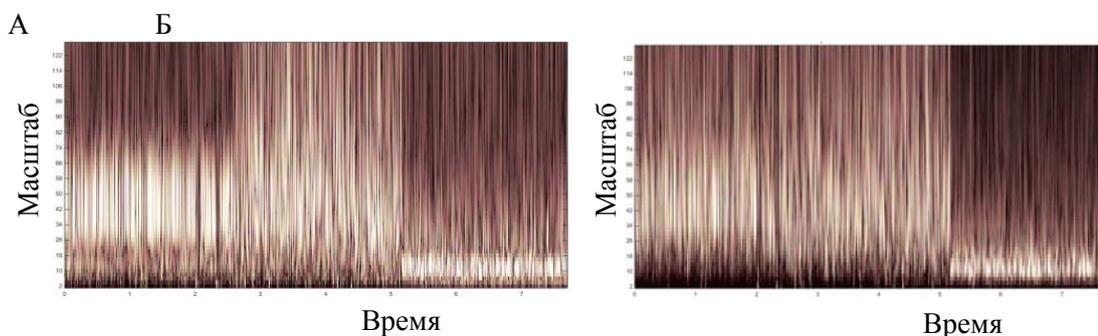


Рис.7. Вейвлет-спектрограммы сигнала до (А) и после сглаживания (Б)

После сглаживания исходной функции (см. рис.6) улучшается структура сигнала. Это вызвано сглаживанием скачков функции, что отчетливо видно на вейвлет-спектрограммах (см. рис.7А, 7Б), т.е. сигнал после обработки становится более однородным.

Для определения различных параметров и характеристик рассматриваемых данных иногда бывает необходимо разделять стационарную и детерминированную составляющие. Для этого используют метод построения огибающей как альтернативу традиционному методу наименьших квадратов. Этот способ основан на краткомасштабном вейвлет-анализе.

Для нестационарного случайного процесса $x(t)$ В.В. Болотиним было предложено представление его в виде произведения стационарного случайного процесса $\hat{x}(t)$ на некоторую детерминированную функцию времени $A(t)$: $x(t) = A(t) \cdot \hat{x}(t)$, где $A(t)$ – огибающая, $\hat{x}(t)$ – стационарная случайная составляющая. На рис. 8

представлены пример построения огибающей исходного сигнала (рис.8а, пунктирная линия) и полученная стационарная часть (рис.8б).

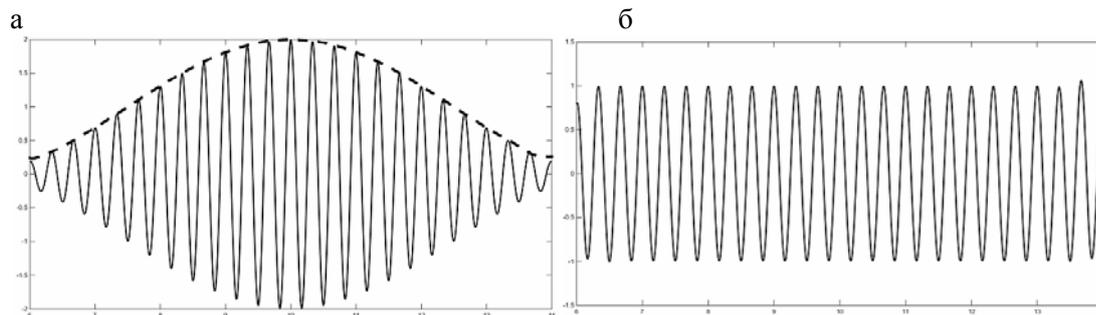


Рис.8. Метод построения огибающей:

а – огибающая (пунктирная линия) исходного сигнала; б – полученная стационарная часть

Анализ огибающей показывает общую тенденцию процесса, интенсивную фазу колебаний, а также характер колебаний в целом. Полученная стационарная часть может использоваться для анализа частотного состава данных.

Проведенный фрактальный анализ сигналов связан с процедурой нахождения их фрактальной размерности. Данный параметр имеет несколько интерпретаций, поэтому с учетом специфики характера анализируемых данных было выбрано и использовано в дальнейшем исследовании только два варианта. Первый вариант говорит о степени трендоустойчивости сигнала, второй дает представление об источнике колебательного воздействия.

Среди многих алгоритмов нахождения фрактальных размерностей, таких, как методы Ричардсона, Миньковского, Карчака, применяется метод Херста.

В качестве параметра определяется показатель Херста для сигнала, который рассмотрен ранее в вейвлет-анализе и преобразовании Фурье. Показатель Херста для данного сигнала равен 0.751. Поэтому делается вывод о том, что рассмотренный сигнал в большей степени имеет трендоустойчивое поведение (около нулевого тренда), но в источнике, порождающем этот сигнал, присутствует некоторая хаотическая составляющая.

Рассмотренный комплекс методов обработки сигнала применен для обработки сигналов, полученных по данным вибродинамического мониторинга сооружений шлюза и высотного здания. Разработано программное обеспечение анализа полученных сигналов.

В ы в о д ы .

1. Проведенный обзор и сопоставительный анализ возможностей методов обработки данных выявил их недостатки и преимущества, показал их качественную сопоставимость.

2. Проведенный обзор и сопоставительный анализ возможностей методов обработки данных позволяет анализировать структуру и особенности полученного результата – сигнала согласно требованиям и целям проводимого эксперимента.

3. Применение комплекса систематизированных методов по их возможностям обработки данных позволяет получать результаты с точностью, соответствующей точности планируемого инженерного эксперимента.

4. Математический анализ возможностей методов обработки экспериментальных данных показал применимость рассмотренных методов для получения и обработки результатов динамического мониторинга состояний зданий и сооружений.

Список литературы

1. Андерсон, Т. Статистический анализ временных рядов / Т. Андерсон. – М.: Мир, 1976. – 758 с.
2. Бендат, Дж. Прикладной анализ случайных данных / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М.: Мир, 1989. – 540 с.

3. Сато, Ю. Цифровая обработка сигналов / Ю. Сато. – М.: Додэка-XXI, 2010. – 178 с.
4. Отнес, Р. Прикладной анализ временных рядов. Основные методы / Р. Отнес, Л. Эноксон. – М.: Мир, 1982. – 429 с.
5. Медведев, Г.А. Практикум на ЭВМ по анализу временных рядов / Г.А. Медведев, В.А. Морозов. – Минск: Электронная книга БГУ, 2003. – 195 с.
6. Кендэл, М. Временные ряды / М. Кендэл. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 202 с.
7. Нагорнов, О.В. Вейвлет-анализ в примерах / О.В. Нагорнов, В.Г. Никитаев. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 120 с.
8. Лукашин, Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов / Ю.П. Лукашин. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.

References

1. Anderson, T. Statistical analysis of time series / T. Anderson. – М.: Mir, 1976. – 758 p.
2. Bendat, J. Applied analysis of random data / J. Bendat, A. Peirsol. – М.: Mir, 1989. – 540 p.
3. Sato, Yu. Digital Signal Processing / Yu Sato. – М.: Dodeka- XXI, 2010. – 178 p.
4. Otnes, R. Applied time series analysis. Basic methods / R. Otnes, L. Enokson. – М.: Mir, 1982 – 429 p.
5. Medvedev, G.A. Practical work on computers to analyze time series / G.A. Medvedev, V.A. Morozov. – Minsk: BSU, Electronic book, 2003 – 195 p.
6. Kendal, M. Time series / M. Kendal. – М.: Finance and Statistics, 1981. – 202 p.
7. Nagornov, O.V. Wavelet analysis in the examples / O.V. Nagornov, V.G. Nikitaev. – М.: NRNU МЕРФІ, 2010. – 120 p.
8. Lukashin, Yu. Adaptive methods of short-term time series prediction / Yu. Lukashin. – М.: Finance and Statistics, 2003. – 416 p.

Вятский государственный университет
Россия, 610000, Киров, ул. Московская,
д.36

Тюкалов Юрий Яковлевич,
доктор технических наук, профессор
E-mail: yutvgu@mail.ru

Рябов Илья Владимирович,
аспирант
E-mail: 2008199191@mail.ru

Vyatka State University
Russia, 610000, Kirov, 36, Moskovskaya St.

Tyukalov Yuri Yakovlevich,
Doctor of Sciences, Professor
E-mail: yutvgu@mail.ru

Ryabov Ilya Vladimirovich,
Postgraduate
E-mail: 2008199191@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ГОФРИРОВАННЫХ АРОЧНЫХ ГРУНТОЗАСЫПНЫХ МОСТОВ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Ю.Я. Тюкалов, И.В. Рябов

Представлены результаты исследования влияния предварительного напряжения и применения опорных узлов различной жёсткости на несущую способность арочных грунтозасыпных мостов из гофрированных стальных листов.

Ключевые слова: гофрированные арочные мосты, жёсткие опорные узлы, упругие опорные узлы, метод конечных элементов, высота засыпки, затяжка, предварительное напряжение

IMPROVING DESIGN AND CONSTRUCTION TECHNOLOGY OF CORRUGATED ARCH GROUND-BURI BRIDGES ON MOTORWAYSIED

Yu.Y. Tyukalov, I.V. Ryabov

Influence of the effect of prestressing and the use of different rigidity support units on the load bearing capacity of corrugated arched ground-buried bridges is investigated.

Keywords: corrugated arched bridges, rigid support junction, elastic support junction, finite element method, height of backfill, stiffness, prestress

Арочные мосты из гофрированных стальных листов находят все более широкое применение в строительной практике как зарубежных стран [1], так и в России [2]. Их несомненными достоинствами являются простота конструкции и монтажа. Небольшой вес гофрированных листов снижает транспортные расходы и не требует использования тяжелой строительной техники при строительстве. Значительная протяженность и состояние сети автомобильных дорог в нашей стране требуют строительства большого числа небольших мостовых переходов.

В современных экономических условиях возникает необходимость в уменьшении стоимости и сокращения сроков строительства. Поэтому, безусловно, актуальными являются исследования, направленные на усовершенствование конструкции и технологии строительства арочных грунтозасыпных мостов из гофрированных стальных листов.

Цель данной работы – найти резервы несущей способности арочных гофрированных мостов и уменьшить их материалоемкость без существенного увеличения затрат на строительство.

В настоящее время гофрированные арки применяются без предварительного напряжения, а опорный узел арочного грунтозасыпного моста является абсолютно жёст-

ким: гофролисты соединяются болтами с металлическим швеллером, который, в свою очередь, жёстко крепится к фундаментам. Такая технология применяется и в России и за рубежом. В работе рассматривается роль предварительного напряжения в арке за счет введения затяжки и её натяжения до засыпки арки грунтом и последующим её демонтажем после засыпки [1], а также влияние на несущую способность арки введения горизонтально податливых опор. В расчётах принята временная нагрузка от автомобильного транспорта НК-100 с наиболее неблагоприятным местом расположения. Расчётная схема показана на рис. 1 [3].

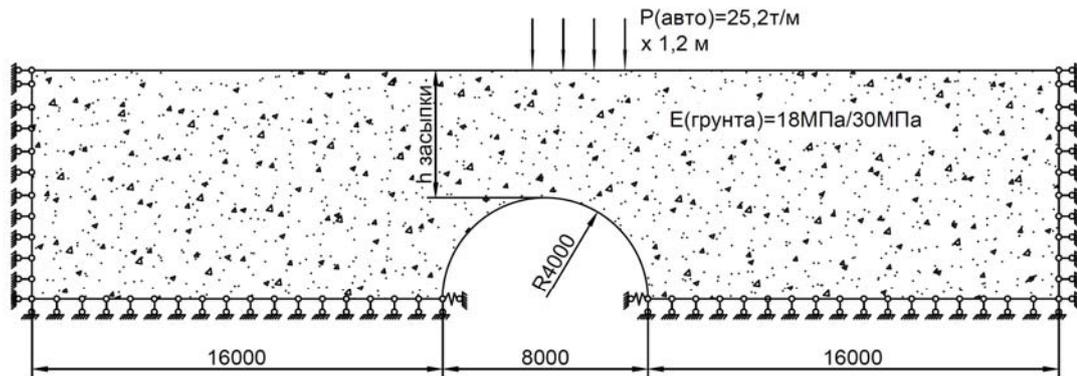


Рис. 1

Характеристики грунта: модуль упругости: $E=1800 \text{ т/м}^2$ и $E=3000 \text{ т/м}^2$ (2 варианта) [4], коэфф. Пуассона $n=0,3$, плотность $R_0 = 2 \text{ т/м}^3$, предельное напряжение сжатия $\sigma_p = 50 \text{ т/м}^2$, сцепление $C = 10 \text{ т/м}^2$, угол внутреннего трения $\varphi = 30^\circ$. Сталь: С345, модуль упругости $E=21 \cdot 10^6 \text{ т/м}^2$, расчётное сопротивление $R_y=30600 \text{ т/м}^2$. Момент сопротивления сечения W (пластический), момент инерции сечения I , площадь сечения A , высота гофра – по каталогу продукции ЗАО «ГОФРОСТАЛЬ» [5]. Толщина гофролистов, принятых в расчёте, 5 мм. Коэффициенты надёжности по нагрузке от собственного веса: грунта – 1.15, металлической арки – 1.05. Жёсткости опорных узлов (по горизонтали): абсолютная жёсткость (неподвижная опора), 1000 т/м, 500 т/м, 200 т/м. Максимально допустимые вертикальные перемещения конструкции арки $L/150=53 \text{ мм}$.

Расчёт производится в ПК Лира методом конечных элементов (КЭ). Арка делилась по длине на 40 КЭ длиной до 0,3 м. Характеристики поперечного сечения представлены с помощью параметров:

EF – жесткость элемента на осевое сжатие (растяжение), т;

Ely – жесткость элемента на изгиб вокруг оси $Y1$, $\text{т} \cdot \text{м}^2$;

q_0 – погонный вес, т/м.

Грунт моделировался физически нелинейными треугольными КЭ грунта плоской задачи с максимальным размером 0,3 м. Все полученные в ПК Лира усилия и заносились в таблицы Excel для автоматизации расчётов. Результаты должны удовлетворять требованию прочности:

$$\sigma = N / F \pm M / W \leq R_y, \quad (1)$$

где σ – напряжение в гофролисте, кг/см^2 ; N – продольное усилие, кг; M – момент, $\text{кг} \cdot \text{см}$; F – площадь сечения, см^2 ; W – момент сопротивления, см^3 ; R_y – расчётное сопротивление металла, кг/см^2 (принимается $R_y=3060 \text{ кг/см}^2$).

Расчёт напряжений производился для 4-х вариантов сочетания усилий: $N_{\max}/M_{\text{соот}}$, $N_{\min}/M_{\text{соот}}$, $N_{\text{соот}}/M_{\max}$, $N_{\text{соот}}/M_{\min}$. Из них подбирался самый неблагоприятный. Полученные значения напряжений сравнивались с расчетным сопротивлением стали.

Порядок расчёта с учетом предварительного напряжения

1. Рассматривалась арка без засыпки грунтом с затяжкой на расстоянии 1/3 высоты арки от опор (рис. 2).

2. Определялась величина натяжения затяжки из условия, чтобы максимальный момент от её действия был близок по модулю к максимальным моментам в боковых частях арки при её работе под нагрузкой. Полученные значения $N(z)$ и $M(z)$ заносились в таблицы, где $N(z)$ и $M(z)$ – усилия в арке при её работе с затяжкой.

4. Рассматривалась арка с засыпкой грунтом. В местах крепления затяжки прикладывались силы натяжения с противоположным знаком. Таким образом, моделируется демонтаж затяжки после засыпки грунтом (рис. 3). Получившиеся значения $N(-z)$ и $M(-z)$ заносились в таблицы, где $N(-z)$ и $M(-z)$ – усилия в арке без затяжки с приложенными в местах её крепления сосредоточенными усилиями с обратным знаком.

5. Значения $N(z)$, $N(-z)$ и $M(z)$, $M(-z)$ во всех КЭ складывались со значениями N и M , полученными ранее при максимальной засыпке грунтом и временной нагрузке от автомобильного транспорта без применения затяжки (рис. 4). Величины нормальных напряжений в арке с учётом действия эффекта предварительного напряжения заносились в таблицы и сравнивались с величинами напряжений без применения предварительного напряжения.

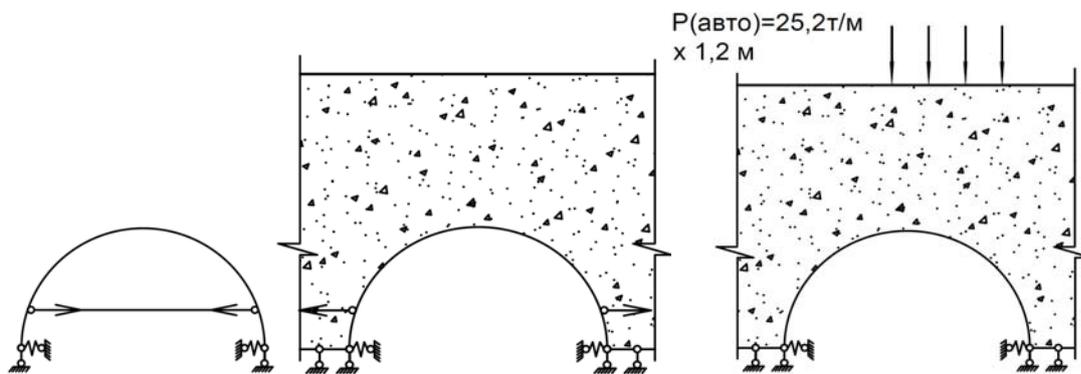


Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

Определение максимальных напряжений

По обозначенным исходным данным были определены максимально возможные высоты засыпки для арок различной толщины и при различных модулях упругости грунта.

Далее, при полученных максимальных высотах засыпки, менялись значения горизонтальной жёсткости опорных узлов арки и фиксировались полученные максимальные напряжения в арке. После этого по указанной выше методике были определены максимальные напряжения в арке с учётом действия эффекта предварительного напряжения при различных горизонтальных жёсткостях опорных узлов. Все полученные результаты представлены на рис. 5.

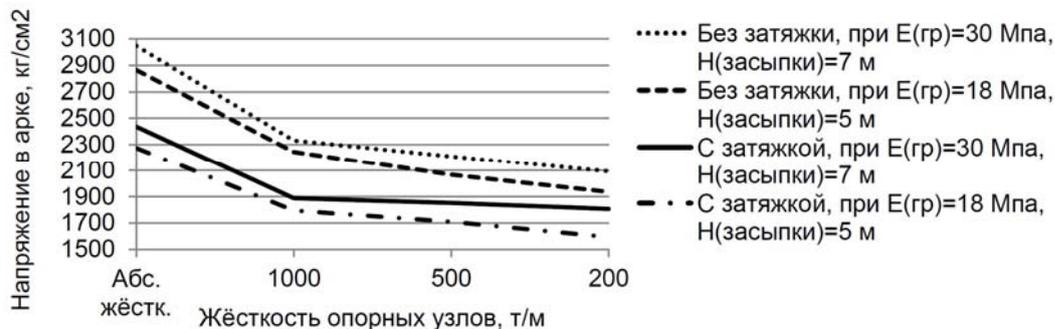


Рис. 5

Чтобы нагляднее продемонстрировать эффект от усовершенствования конструкции построим результирующие эпюры моментов и продольных сил в арке в трёх случаях:

- 1) с применением затяжки и упругих опорных узлов;

- 2) с применением только упругих опорных узлов;
- 3) 3. без применения затяжки и с жёсткими опорными узлами.

Для примера взят случай с модулем упругости грунта 18МПа и упругостью опорных узлов 200 т/м. На рис. 6 и 7 представлены соответствующие эпюры M и N .

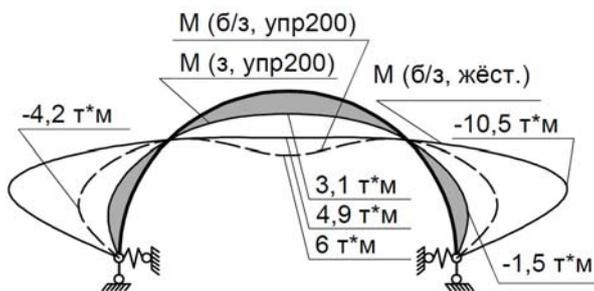


Рис. 6

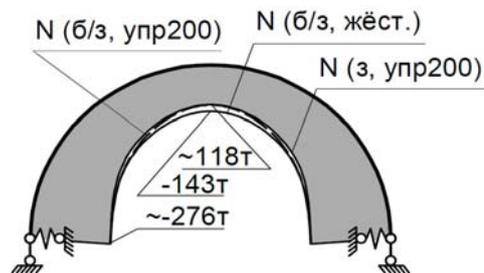


Рис. 7

Определение максимально возможной высоты засыпки

Методом подбора (с учётом проверки прочности арки по нормальным напряжениям) были определены максимально возможные высоты засыпки арки при различных горизонтальных жесткостях опорных узлов, толщинах арки и модулях упругости грунта. Определялась максимальная высота засыпки с учётом действия эффекта предварительного напряжения. Расчёты проводились при различных горизонтальных жесткостях опорных узлов, толщинах арки и модулях упругости грунта.

Все полученные данные были занесены в таблицу и рис. 8.

Результаты расчёта по максимальным высотам засыпки арки

Жёсткость опорных узлов арки, т/м	Модуль упругости грунта 18МПа				Модуль упругости грунта 30МПа			
	Без применения затяжки		С применением затяжки		Без применения затяжки		С применением затяжки	
	Макс. высота арки, м	Эффективность, %	Макс. высота арки, м	Эффективность, %	Макс. высота арки, м	Эффективность, %	Макс. высота арки, м	Эффективность, %
Абс. жёстк.	5	-	6	20.0	7	-	9	28.6
1000	8	60.0	10	100.0	10	42.9	12	71.4
500	9	80.0	11	120.0	10	42.9	13	85.7
200	9	80.0	12	140.0	11	57.1	13	85.7

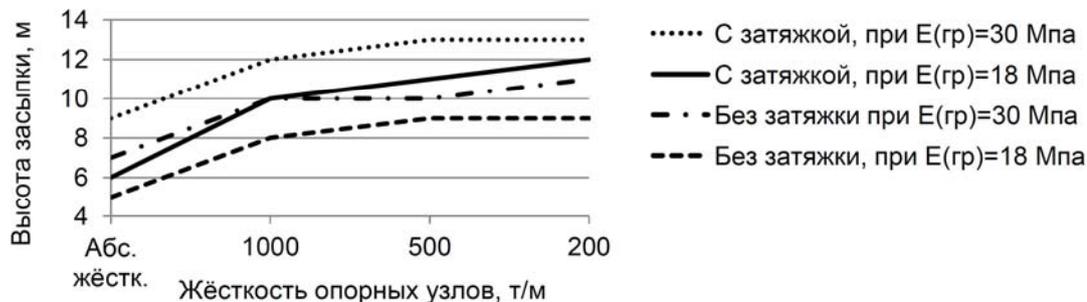


Рис. 8

По результатам проведенных численных исследований можно сделать вывод о том, что применение горизонтально упругих опорных узлов арки и создание предварительного напряжения позволяют существенно снизить максимальные результи-

рующие моменты. За счёт этого несущая способность арки может быть повышена на 44,3 %, а максимальная высота засыпки увеличена на 85,7 %.

Нужная горизонтальная податливость опор арки может быть обеспечена введением специальных упругих вкладышей в опорные узлы. Для создания предварительного натяжения арки необходимо разработать специальную монтажную оснастку. Эти вопросы могут стать предметом дальнейших исследований.

Список литературы

1. Handbook Steel Drainage And Highway Construction products [Справочник о продукции для стального дренажа и дорожного строительства]/ Corrugated Steel Pipe Institute, American Iron and Steel Institute, Canada, 2007, 470pp.

2. Тюкалов, Ю.Я. Исследование работы предварительно напряжённого арочного грунтозасыпного моста из гофрированных металлических листов / Ю.Я. Тюкалов, А.Г. Токарев // Сборник трудов III всероссийской научно-технической конференции, посвящённой 80-летию НГАСУ (СИБСТРИН) / НГАСУ (Сибстрин) – Новосибирск, 2010. – 468 с.

3. Тюкалов, Ю.Я. Совершенствование конструктивных форм стальных гофрированных арочных грунтозасыпных мостов / Ю.Я. Тюкалов, И.В. Рябов // Общество, наука, инновации. (НПК – 2014): всерос. ежегод. науч.-практ. конф.: сб. материалов, 15–26.04.2014 г. / Вят. гос. ун-т. – Киров, 2014. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – (Факультет строительства и архитектуры (ФСА). Секция «Строительство и архитектура»). Статья № 13).

4. ОДМ 218.2.001-2009. Рекомендации по проектированию и строительству водопропускных сооружений из металлических гофрированных структур на автомобильных дорогах общего пользования с учетом региональных условий (дорожно-климатических зон). – М.: Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР), 2009 – 201 с.

5. Металлические гофрированные конструкции транспортных сооружений. Каталог продукции. Рекомендации по применению. – ЗАО «Гофросталь», – М., 2010 – 79 с.

References

1. Handbook Steel Drainage And Highway Construction products [Справочник о продукции для стального дренажа и дорожного строительства]/ Corrugated Steel Pipe Institute, American Iron and Steel Institute, Canada, 2007, 470pp.

2. Tyukalov, Yu. Y. The research work of prestressed arch ground-bury bridge of corrugated metal sheets / Yu.Y. Tyukalov, A.G. Tokarev // Proceedings of the III all-Russian scientific and technical conference devoted to the 80 anniversary of NGas (SIBSTRIN) / NGas (sibstrin), Novosibirsk, 2010. – 468 p.

3. Tyukalov, Yu. Y. Improving the structural forms of corrugated steel arch ground-bury bridges / Yu Y. Tyukalov, I. V. Ryabov // Society, science, innovation. (CDD – 2014): vseros. Yearbook. nauch.-practical. Conf.: materials, 15-26.04.2014 / Present. state University t – Kirov, 2014. – 1 electron. opt. disk (CD-ROM). – The faculty of engineering and architecture (FSA). The section "Construction and architecture". Article No. 13).

4. EBM 218.2.001-2009. Recommendations for the design and construction of culverts of corrugated metal structures on the public roads taking into account regional conditions (road-climatic zones). – М.: Federal road Agency (ROSAVTODOR), 2009. – 201 p.

5. Metal corrugated construction of transport facilities. Product Catalog. Recommended Use. – CJSC "Gopostal", – М., 2010 – 79 p.

АРХИТЕКТУРА

ARCHITECTURE

УДК 726.5

Московский архитектурный институт
Россия, 107031, Москва, ул. Рождественка,
д. 11
тел.: 8 (495) 625-50-82

Борисов Сергей Владимирович,
кандидат архитектуры, доцент кафедры
«Основы архитектурного проектирования»
E-mail: borisov-sv@inbox.ru

Moscow Institute of Architecture
Russia, 107031, Moscow, 11,
Rozhdestvenka st.
tel.: 8 (495) 625-50-82

Borisov Sergey Vladimirovich,
Candidate of Architecture, Associate Professor
of the department @Fundamentals of
Architectural Design@
E-mail: borisov-sv@inbox.ru

ПРИХОДСКИЕ КОМПЛЕКСЫ КАК ОСНОВА СОХРАНЕНИЯ ТРАДИЦИОННОГО АРХИТЕКТУРНОГО ПРОСТРАНСТВА

С.В. Борисов

Представлены результаты анализа структуры приходских комплексов – одной из важнейших составляющих архитектурного пространства православия. Отмечено, что для приходских комплексов характерна устойчивость традиций, с течением времени дополняющаяся за счет расширения функционального содержания. Предложены авторские проекты православных приходских комплексов.

Ключевые слова: архитектура, православие, приходской комплекс, храм, проектирование, объемно-планировочная композиция

PARISH CENTERS AS A BASIS FOR MAINTAINING TRADITIONAL ARCHITECTURAL SPACE

S.V. Borisov

The article analyzes architectural solutions of parish centers, constituting the architectural space of Orthodoxy. We have noted that the parish centers inherent the stability of traditions. Over time, the tradition is complemented by an extension of the functional content of parish centers. The article offers author projects of orthodox parish centers.

Keywords: architecture, Orthodoxy, parish center, temple, design, space-planning composition

Введение. Основу традиционного архитектурного пространства России составляют поселения, развивавшиеся на протяжении многих столетий, с устойчивым жизненным укладом, социальными отношениями и архитектурным обликом. Естественное развитие сельской России оказалось прерванным в начале XX века, нарушилась разработка новых типов жилищ и форм поселений, отвечавших изменяющимся социально-экономическим условиям. Это привело к тому, что к началу XXI века исторические центры сельских поселений и малых городов представлены физически и морально устаревшими постройками, профессиональная реконструкция которых затруднена по ряду социально-правовых, финансовых и технологических причин. Данные факторы к настоящему времени привели к необратимым изменениям в традиционном архитектурном пространстве сельских поселений и малых городов, наруше-

нию целостности или полной утрате их традиционного облика. Указанная тенденция, очевидно, не имеет весомых причин к замедлению своего развития, учитывая смену социального состава населения и нарастающее забвение исторического прошлого. Проблемой, решение которой во многом запоздало, является сохранение традиционного облика России, сформированного, по большей части, в рамках Православия.

В настоящее время в качестве одного из направлений стабилизации и восстановления разрушаемой (а по большей части уже уничтоженной) культурной среды представляется формирование понятия о приходском православном комплексе, как основе сохранения традиционного архитектурного пространства. Данное предположение основано на специфическом отношении Христианства к прошлому, как основе для формирования устойчивой традиции.

Вектор отношения к прошлому в Христианстве. В период времени, следующим за распадом системы ценностей, которая обеспечивала ранее длительное устойчивое состояние общества, одним из ключевых вопросов для анализа самой возможности сохранения традиций является отношение к исторической памяти. Рассуждая о проблеме времени в древнерусском искусстве, историк и искусствовед Г.К. Вагнер отмечает: «Для средневекового мышления характерно историческое время... Чувство историзма, представления о творении мира и ветхозаветной истории заставляли сознание постоянно жить в прошедшем времени, а устремленность христианина к вечному спасению вела к будущему, причем ... в форме постоянного повторения того, что было!» [1]. На прошлое ориентируется жизнь христианина – к нему относится воспоминание о Рождестве Христовом, Его Крестном страдании и Воскресении, в нем созданы творения святых отцов, «весь духовный опыт человечества». Прошлое для христианина, как подчеркнуто в работе «Традиция памяти в Православии», – «связь настоящего и будущего ... средство прикосновения к вечности» [2].

Отношение христианина к исторической памяти не позволяло творить без учета достижений современников и опыта прошлых поколений, не разделяемых на «настоящее» и «прошлое», а воспринимаемых комплексно, ведь «Бог не есть Бог мертвых, но Бог живых» (Мк 12:27). Указанная особенность Христианства позволила аккумулировать уникальный по своему объему и многогранности многовековой опыт [3], являющийся живой, не «музейной» традицией.

Целостность архитектуры приходских комплексов при разнообразии их функционального наполнения. Отметим уникальное единство архитектурного пространства России, сохранявшееся вплоть до начала XX века, в нем отсутствуют какие-либо намеки на противопоставление соборных, приходских, монастырских комплексов и архитектурной среды городских и сельских поселений – они составляют неразрывное целое (рис. 1, 2). Отсутствует противопоставление «официальной» и «народной» архитектуры (рис. 1 а, 2 а), напротив, повсеместно наблюдается их взаимопроникновение [4]. Иная ситуация сложилась в современной общемировой архитектурной теории и практике – комплексы религиозного или сакрального функционального наполнения признаются одним из факторов, разрывающих единство архитектурного пространства [5].

Приходские комплексы, являвшиеся своеобразной «живой тканью», объединявшей различные стороны жизни, в том числе и архитектурное пространство сельской России, различаются по вариантам составляющих их зданий. Приведем некоторые примеры, относящиеся к среднерусским областям и сформировавшиеся в XVIII–начале XX веков, сгруппировав их в зависимости от сложности функционального наполнения. Приходской комплекс церкви Святого Апостола и Евангелиста Иоанна Богослова (Сломино, Московская обл., Сергиево-Посадский р-н), состоящий из здания храма и трех деревянных часовен в селе, является наименьшим из рассмотренных, однако это не замкнутая в себе группа зданий, а сформировавшееся архитектурное пространство сельского поселения в целом. Аналогичный состав построек при церкви Святого Пророка Илии (Сандыри, Московская обл., Коломенский р-н) увеличивается за счет каменной одноэтажной богадельни, а при церкви Святого Великомученика Никиты (Северское, Московская обл., Коломенский р-н) – за счет школы. В приход-

ском комплексе церкви Успения Пресвятой Богородицы (Мячково, Московская обл., Коломенский р-н) помимо здания храма возведена деревянная богадельня, каменная палатка для гробов и комплекс торговых лавок, снаружи примыкающих к ограде.



Рис. 1. Традиционное архитектурное пространство, официальная и народная архитектура: а – гармоничное сочетание средневековой и классицистической застройки, г. Каргополь, Архангельская обл.; б – единообразии архитектурно-конструктивных приемов храмовых зданий и жилищной застройки, село Ошевенское, Архангельская обл.*

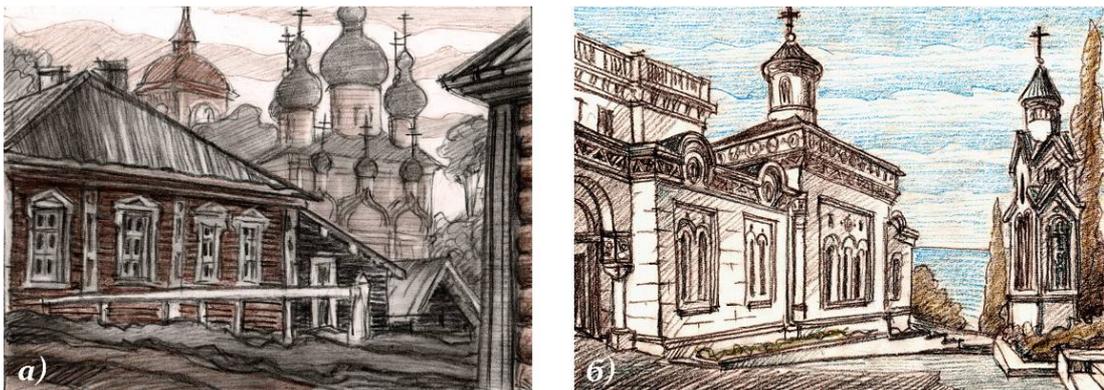


Рис. 2. Традиционное архитектурное пространство, концепции историзма: а – соразмерная по отношению к человеку архитектурная среда, сформированная вестилевой застройкой, г. Каргополь, Архангельская обл.; б – единство храмовой и светской архитектуры в рамках концепции историзма, Ливадия, Крым



Рис. 3. Современный приходской комплекс (Московская обл., Истринский р-н, вблизи пос. Княжье озеро): а – план; б – общий вид комплекса с северо-запада

* Здесь и далее иллюстрации автора.

Значительный по составу комплекс существовал в приходе церкви Рождества Пресвятой Богородицы (Черкутино, Владимирская обл., Собинский р-н), объединивший главный храм, два приписных – кладбищенский и усадебный, часовню и две школы, расположенные в составе крупного села. Основную группу зданий в нем составляет церковь, отдельно стоящая колокольня, арочные пятипролетные святые ворота и каменный дом причта, примыкающий к монументальной ограде. Группа зданий крупного приходского комплекса церкви Живоначальной Троицы (Ворща, Владимирская обл., Собинский р-н) расположена в черте ограды или вблизи нее. В их числе: церковь, деревянная часовня, ограда с монументальными трехпролетными святыми воротами и часовнями в угловых башнях, двухэтажная каменная приходская школа в составе ограды, каменная одноэтажная школа вне ограды и несколько домов священнослужителей.

Общим для рассмотренных приходских комплексов является их формирование из различных по характеристикам объемов – вертикально ориентированных колоколен, близких к кубу храмов с устремленными вверх главами и пристроенными приземистыми трапезными, фоновых вспомогательных зданий школ и богаделен [6]. Объединяет постройки, подчеркивая рельеф местности, горизонтально ориентированная ограда храмового участка с несколькими пространственными акцентами ворот. Если в селе Ворща приходской комплекс является компактным, то село Черкутино в целом представляет ансамбль построек с доминирующим главным храмом и колокольней в ограде. Для ряда приходских комплексов характерно стилистическое единство. Так, постройки в упомянутом селе Ворща составляют ансамбль позднего классицизма, что определяется их единовременным возведением в 1832–1839 годах. Вместе с тем наиболее характерно сочетание в составе приходского комплекса зданий, относящихся к различным стилистическим направлениям, что вызвано несколькими этапами строительства [7]. Среди них приходские комплексы в селах: Северское, построенный в 1787–1887 годах; Успенское, возведенный в 1756 году – начале XIX века и сочетающий традиции московского барокко, классицизма и псевдорусской стилистики; Черкутино, созданный на протяжении 1801–1847 годов. Для образного строя традиционных приходских комплексов характерно сочетание разнообразных по пространственным характеристикам зданий, относящихся к церковной и светской архитектуре, различных по стилистическим направлениям и времени возведения, образующих целостное архитектурное пространство.

Некоторые особенности современных приходских комплексов. В состав современного приходского комплекса включаются, как правило, главный храм (рис. 3), летний храм или часовня, церковно-причтовый дом, воскресная школа, гостиница, жилые дома причта, хозяйственные службы (рис. 4, 5). В развернутой группе зданий и помещений приходского комплекса добавляются: несколько приделов храма (летнего и зимнего), колокольня (звонница), крестильня, воскресная школа, библиотека, богадельня с медицинским пунктом, трапезная, церковные лавки, просфорня, художественные мастерские. Указанное функциональное наполнение, относящееся к храмовой и светской архитектуре и, соответственно, выражающееся в различных объемных и образно-художественных решениях зданий, в полной мере соответствует рассмотренному нами вариантному составу традиционных приходских комплексов, расширяя и дополняя его.

Некоторые отличия современных приходских комплексов связаны с условиями их возведения, наиболее общими из них является малая площадь и неполное соответствие градостроительных параметров предназначенных для этой цели участков при типологическом и стилистическом разнообразии средового окружения. Значительная плотность застройки, в особенности вблизи транспортных магистралей, сформировавшейся в настоящее время без учета предполагаемых мест возведения храмов, препятствует выделению участков, по своим градостроительным характеристикам отвечающих условиям строительства (рис. 5). Перечисленные особенности требуют многообразия архитектурных решений, учитывающих малую площадь участков строительства и продолжающих образный строй сельских приходских комплексов [8],

что усложняет задачи проектирования, выводя на первый план сочетание современных и традиционных методик [9].

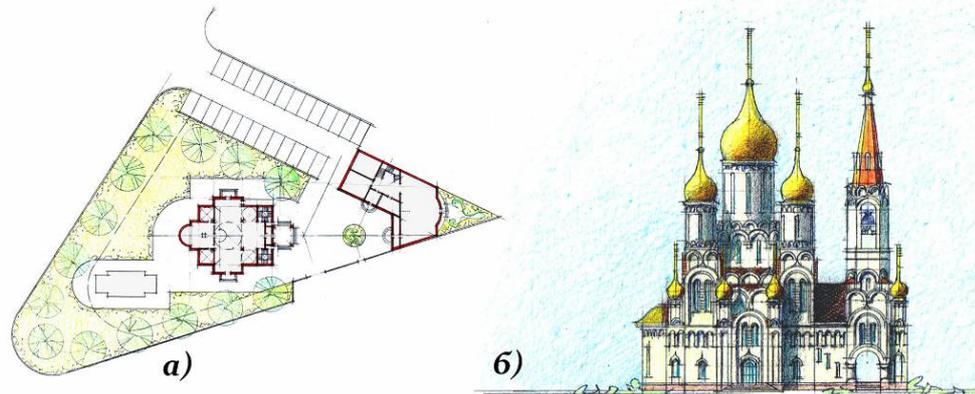


Рис. 4. Современный приходской комплекс (Москва, ул. Давыдовская):
а – план; б – северный фасад

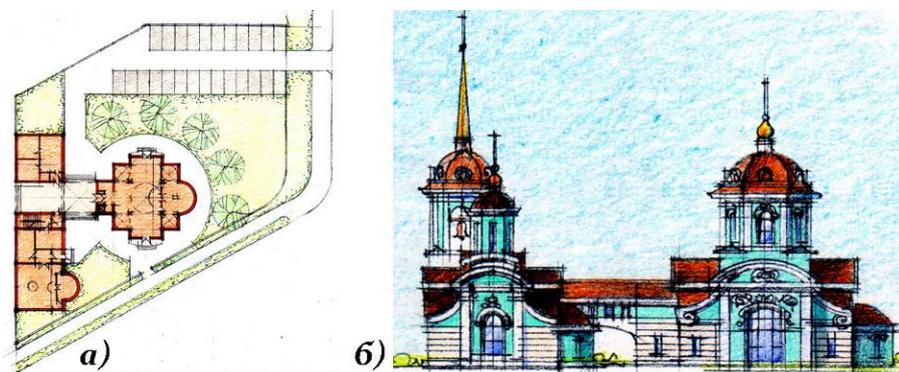


Рис. 5. Современный приходской комплекс (Москва, ул. Гаражная):
а – план; б – южный фасад

Заключение. Учитывая историчность христианской архитектуры, являющуюся ее неотъемлемым свойством, в России православные храмы и приходские комплексы оцениваются, скорее всего, как последний «оплот» сохранения традиционной архитектуры. Одна из задач их возведения – напоминание будущим поколениям об ушедшем, очевидно, безвозвратно облике прежней России, во многом определявшемся Православием, пронизывавшем все сферы жизни, и сложной многоуровневой иерархией приходских комплексов. Для их успешного создания необходима методика комплексного «считывания» образных характеристик исторических построек, учитывающая их различную типологию и стилистически временные особенности.

Рассмотренное функциональное наполнение приходских комплексов традиционно для рубежа XIX–XX веков и соответствует современным условиям возведения аналогичных сооружений. Представляется очевидным, что для успешного развития православного искусства и архитектуры, ни одна из составляющих – сохранение традиций или требование современности, применение ограниченных средств художественной выразительности или декоративной насыщенности, превалирование образной или функциональной составляющих и иные – не имеет права становиться самоцелью творчества в ущерб их гармоничному сочетанию.

Список литературы

1. Вагнер, Г.К. Канон и стиль в древнерусском искусстве / Г.К. Вагнер. – М.: Искусство, 1987. – 286 с.
2. Святославский, А.В. Традиция памяти в Православии / А.В. Святославский. – М.: Древлехранилище, 2004. – 220 с.
3. Виоле-ле-Дюк. Беседы об архитектуре / Виоле-ле-Дюк. – М.: Изд-во всесоюзной академии архитектуры, 1937. – Т. 1. – 470 с.

4. Долгов, А.В. Освоение форм профессиональной городской архитектуры в деревянном народном зодчестве Урала: автореф. дис.... канд. арх. / А.В. Долгов. – М.: АРХИ, 1987. – 22 с.

5. Сапрыкина, Н.А. Особенности формирования среды обитания в контексте динамической адаптации архитектурного пространства / Н.А. Сапрыкина. – Приволжский научный вестник. – 2015. – №1(41). – С. 93–97.

6. Борисов, С.В. О критериях оценки объемной композиции православных храмов / С.В. Борисов // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №2(19). – С. 169–177.

7. Борисов, С.В. Европейская стилистика XVIII–XIX веков в современном российском храмостроении / С.В. Борисов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2014. – №2. – С. 38–52.

8. Борисов, С.В. К вопросу о прогнозировании развития технологий возведения православных храмов / С.В. Борисов // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №4(21). – С. 132–137.

9. Борисов, С.В. Методика поиска аналогов при проектировании иконостасов православных храмов / С.В. Борисов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – №3(98). – С. 124–130.

References

1. Wagner, G.K. Canon and style of Old Russian art / G.K. Wagner. – М.: Art, 1987. – 286 p.

2. Svyatoslavsky, A.V. The tradition of memory in Orthodoxy / A.V. Svyatoslavsky. – М.: Drevlekhranilishche, 2004. – 220 p.

3. Viollet-le-Duc. Conversations on Architecture / Viollet-le-Duc. – М.: Publishing house of the All-Union Academy of Architecture, 1937. – V. 1. – 470 p.

4. Dolgov, A.V. The development of forms of professional urban architecture of wooden folk architecture of the Urals: author. diss. cand. architect / A.V. Dolgov. – М.: Moscow Institute of Architecture, 1987. – 22 p.

5. Saprykina, N.A. Features of formation living environment in the context of a dynamic adaptation the architectural space / N.A. Saprykina // Volga Scientific Herald. – 2015. – №1(41). – P. 93–97.

6. Borisov, S.V. On criteria for evaluating the volumetric composition Orthodox churches / S.V. Borisov // Regional architecture and engineering. – 2014. – №2(19). – P. 169–177.

7. Borisov, S.V. The European stylistics XVIII–XIX centuries in the modern Russian church construction / S.V. Borisov // Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Building. – 2014. – №2. – P. 38–52.

8. Borisov, S.V. Technique search of analogues in the design iconostases of Orthodox churches / S.V. Borisov // Vestnik of the Irkutsk State Technical University. – 2015. – №3(98). – P. 124–130.

9. Borisov, S.V. On the question of forecasting the development of the construction Orthodox churches technologies / S.V. Borisov // Regional architecture and engineering. – 2014. – №4(21). – P. 124–130.

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
Россия, 190005, Санкт-Петербург,
ул. 2-я Красноармейская, д.4,
тел.: (8812) 575-05-07

Заяц Инна Сергеевна,

кандидат архитектуры, докторант, доцент
кафедры «Архитектурно-строительных
конструкций»
E-mail: i_vvv@mail.ru

*Saint-Petersburg State University of
Architecture and Civil Engineering*
Russia, 190005, Saint-Petersburg, 4,
2-ya Krasnoarmeyskaya St.,
tel.: (8812) 575-05-07

Zayats Inna Sergeevna,

Candidate of Architecture, doctoral candidate
Associate Professor of the department
«Architectural-building constructions»
E-mail: i_vvv@mail.ru

АРХИТЕКТУРНЫЕ ТЕОРИИ О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЗОДЧЕСТВА И ПРИРОДЫ

И. С. Заяц

Рассмотрены вопросы взаимодействия зодчества и природы. На различных этапах развития теории архитектуры существовали разнообразные взгляды и, как следствие, различное практическое воплощение этого взаимодействия в архитектурном творческом процессе. На фоне сложной экологической ситуации необходимо проследить и проанализировать взаимосвязи, существующие между природным и создаваемым архитектурным пространством, в том числе зависимость и подчинение архитектуры природным стихиям.

Ключевые слова: теория архитектуры, взаимодействие зодчества и природы, жизнеспособная архитектура

ARCHITECTURAL THEORIES ABOUT THE INTERACTION OF ARCHITECTURE AND NATURE

I. S. Zayats

The article deals with some discussions about interaction of architecture and nature. There were various views in different periods of architectural theory development and as a result there were various practical implementations of this interaction in architectural activity. In the background of difficult environmental situation it is necessary to trace and analyze the interactions between natural and created architectural space, including dependence and subordination of architecture to natural phenomena.

Keywords: architectural theory, interaction of architecture and nature, sustainable architecture

Проблемы архитектурного формообразования, связанные с современными энерго-сберегающими технологиями и использованием возобновляемых источников энергии, требуют обращения к истокам и изучения теории и истории архитектуры. Размышляя об Архитектуре, важно помнить как о природе человека, так и о природе вообще – неизменных категориях (за исключением разве что последних лет, когда с каждым годом ухудшается экологическая обстановка, превращаясь в глобальную проблему человечества) – с позиции условий создания любого архитектурного объекта.

В архитектурном творчестве существует безграничное число целей и желаний, достигаемых, в частности, некоторой организацией материальной массы, предоставляемой природой. Некрасов А. считал, что закономерности, существующие в природе, можно использовать и преодолевать [1, с. 34]. Описывая специфику архитектуры в разных климатических условиях, он с опасением предупреждает о странной зависимости и подчинении природе, «которую мы будем уважать более, нежели самих себя и свою деятельность» [1, с. 34]. Преодоление влияния стихий природы, по Некрасову, – это удел дикаря, только начавшего строительство, мы же в отличие от него, в соответствии с нашими желаниями должны подчинить природу себе.

Суждение о том, что, несмотря на безграничную щедрость природы и ее законы, которые диктуют правила строительному делу, но никак не управляют архитектурным

образом, вполне соответствует идеологии XX века, когда человек провозгласил себя «хозяином природы». «Думать иначе – значит заниматься худшим, чем пресловутая вульгарная социология, где все же принимается в расчет мир человека, а не мир механической природы» [1, с. 35]. Рассматривая характеры архитектуры и природы, Некрасов, определяя их как противопоставление горизонталей природы вертикалям архитектуры, говорит, скорее, об отделении, о господстве архитектуры над природой: «... существенное заключается в том, что не природа сама по себе определяет архитектуру, а наше отношение к природе. Соответствие между идеей сооружения и природой относится не к ней самой, а к извлекаемой из нее человеком идее» [1, с. 437]. Хотя, описывая некоторые архитектурные сооружения, он отмечает «растворение» архитектуры в природном ландшафте, поддерживание «живой связи». Убежденность, что неорганизованный внешний мир должен остаться за пределами организованного и гармоничного, рукотворного, не вполне обосновано, а признание, что «в архитектуре в большей степени господствуют законы природы, которые человек познал и которыми он пользуется, чем ее образы» [1, с. 441], вполне справедливо в отношении ограниченности знания человека-творца, чем бедности природных образов.

Напротив, согласие с силами природы определяет, по мнению Джона Рёскина, величие архитектуры. «В зданиях, построенных человеком, должно быть благоговейное отношение и следование той силе, которая не только округляет стволы деревьев и сгибает своды леса, пронизывает прожилками лист, полирует раковину и придает смысл движениям каждой твари, но также сотрясает устои земли, отверзает бесплодные пропасти и вздымает сумрачные вершины гор к бездонному своду неба. Ибо и это, и еще большее величие человек способен выражать в собственных творениях» [2].

Проблемы взаимосвязи архитектуры и природы занимали большое место в творческом кредо И. Жолтовского. Он считал необходимым учиться у природы, искать закономерности построения волн, цветов, деревьев, крыльев птицы, обобщать эти знания и применять их в построении объемно-пространственной композиции с гармоничным включением сооружения в природное окружение.

Концепция И. Жолтовского «Архитектурный организм замкнут, завершен и «конечен» включает анализ принципов построения архитектурного образа как организма, «который может быть мертвым, немым и бессмысленным, если он не будет связан с окружающей его природой, с окружающей его жизнью, проходящей через него живительным потоком, и если эта связь не будет выражена в его форме. Связь с природой выражается, во-первых, в том, что отношение постройки к природному и архитектурному ландшафту воспринимается как отношение опять-таки закономерное, что данный архитектурный организм воспринимается как часть некоего целого, которому он подчиняется или которое он подчиняет себе. Во-вторых, эта связь выражается в том, что, как всякий организм, организм архитектурный является определенной равнодействующей между силой тяготения и силой роста, что он закономерно развивается от “бесконечной” тяжести земли к “бесконечной” легкости воздуха. Это один из основных законов архитектурного построения: на нем строится весь выразительный язык вертикальных и горизонтальных членений, все возможные системы пропорциональности» [3].

В отличие от Жолтовского, обращавшего внимание прежде всего на внешние свойства построения формы, в органической архитектуре Ф. Л. Райта (рис. 1) акцент сдвинут в сторону внутренних закономерностей природной формы, ее принципов образования и роста [4].

Этому соответствуют и мировоззрения Алвара Аалто (рис. 2), который говорил об очеловечивании машинной эпохи и простых линиях архитектуры, созвучных ландшафту [5, с. 19]. «Природа, биологическая жизнь богата и разнообразна формами; из одних и тех же структур, одних и тех же тканей, клеток одного и того же растения она создает миллиарды сочетаний, каждое из которых представляет собой совершенную форму. Человеческая жизнь восходит к тем же истокам. Окружающие человека предметы – это отнюдь не фетиш и аллегории, обладающие вечной ценностью. Они, скорее, подобны клеткам и тканям вечно обновляющейся природы...» [5, с. 26].

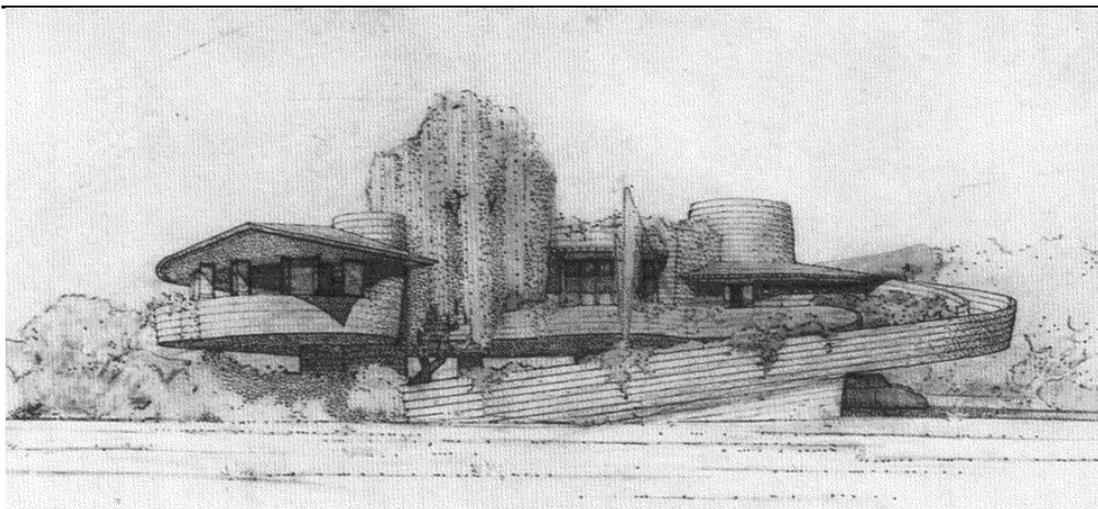


Рис. 1. Дом Дэвида Райта. Феникс (Аризона). 1950. Перспектива

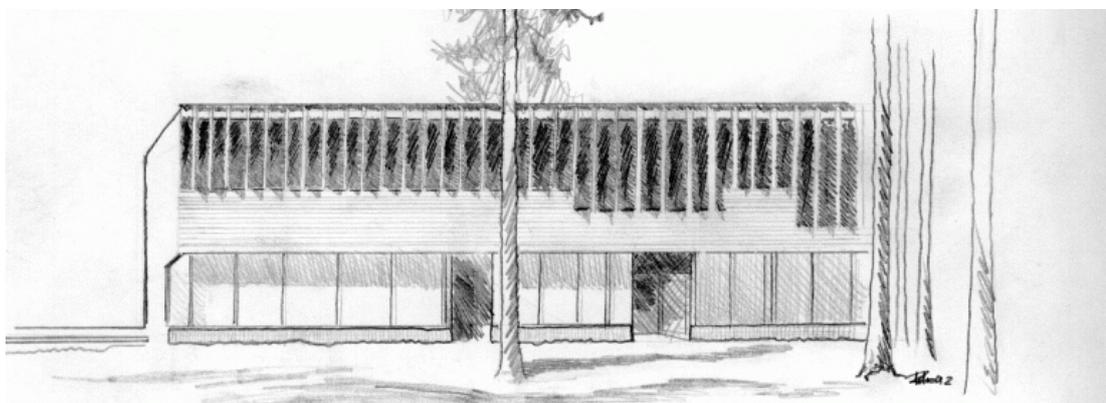


Рис. 2. Алвар Аалто. Эскиз

Хидекель Л. (рис. 3) считал, что проникновение в мир форм начинается с народного искусства, которое в примитивах и обобщениях создавало подлинную красоту во взаимодействии с окружающей природой: «С открытием внутренних, скрытых сил природы зарождается новая, более высокая цивилизация, где будущая архитектура должна основываться на своих законах, не разрушающих естественную среду, а вступающих в благотворно пространственное взаимодействие с окружающей природой» [6].

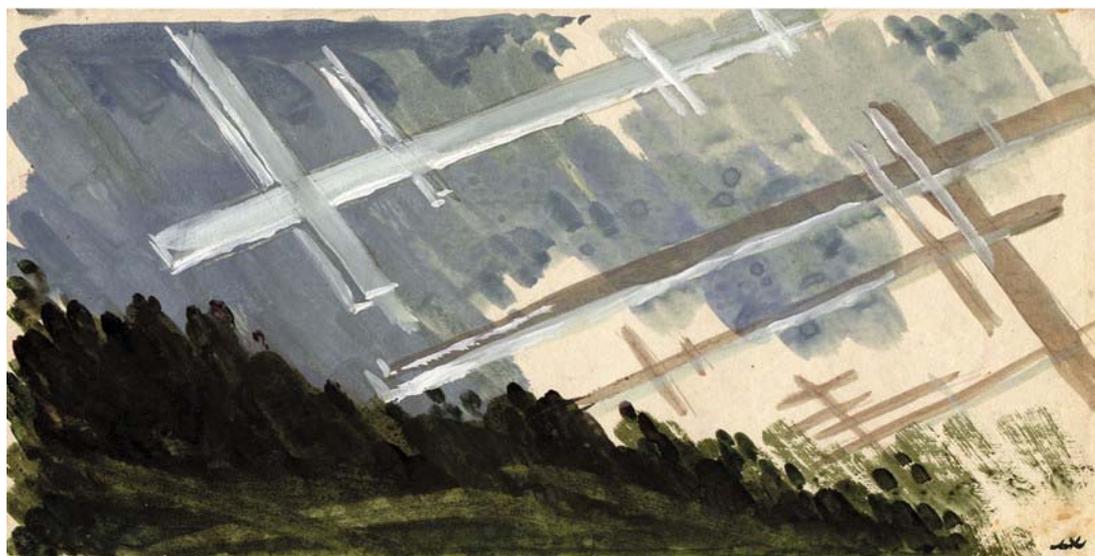


Рис. 3. Л. Хидекель. Фантазии на тему

Можно поспорить о рождении более совершенной цивилизации, но взаимосвязи архитектурного объекта с окружающей средой – необходимое условие «помочь несчастному человеку» [5, с. 19], поскольку сам человек – часть природы и принадлежность ее, и образы, создаваемые природой, практически никогда не вызывают негативного впечатления, в отличие от многих образов «организованной среды».

Наука, основанная на законах природы, объясняет и оценивает закономерности строительного искусства, а оно, в свою очередь, является базой, отправной точкой для оболочки, не собственно формы, которая является достаточно стабильным явлением, а детализировки, композиционного образа здания, проектирование которого следует либо по пути оригинальности, либо подчиняясь правилам. В первом случае можно говорить об искусстве Архитектуры, во втором, скорее, о строительном искусстве.

Жилище, кров, первый дом, прежде всего, возникает для защиты человека от природной стихии. Сталкиваясь с ней, наблюдая за ее проявлениями, исследуя ее свойства и основываясь на эмпирическом опыте строительства, открывается путь и ее использования. На пути усовершенствований происходят трансформации архитектурных форм любого сооружения и, в первую очередь, утилитарных построек (рис. 4).



Рис. 4. Схема примитивного творческого процесса в создании жизнеспособной архитектуры

История формирования пространства и архитектурного образа и, собственно, архитектурной формы с учетом влияния и использования возобновляемых природных энергий воды, ветра и солнца (света), ее анализ может представить основные формообразующие правила и закономерности, которые способны определить и направить творческий процесс в осознанное и логическое русло.

Список литературы

1. Некрасов, А. Теория архитектуры / А. Некрасов. – М.: Стройиздат, 1994. – 480 с.
2. Рёскин, Дж. Семь светочей архитектуры / Дж. Рёскин. – СПб.: Азбука-классика, 2007. – 320 с. – С. 129.
3. Габричевский, А.Г. И.Г. Жолтовский как теоретик архитектуры / А.Г. Габричевский // Архитектура СССР. 1983. – № 3–4. – С. 103–107., с. 105.
4. Хан-Магомедов, С. Архитектура советского авангарда / С. Хан-Магомедов. // Книга первая. Проблемы формообразования. Мастера и течения. Глава 2. Неоклассика в первые послереволюционные годы. – 2. Творческая концепция И. Жолтовского. – URL: http://alyoshin.ru/Files/publika/khan_archi/
5. Аалто, А. Архитектура и гуманизм: сб. статей. / А. Аалто; пер. с фин., англ., фран. и нем. / под ред. А. Гозака. – М.: Изд-во «Прогресс», 1978. – 222 с. – С. 19.
6. Хан-Магомедов, С. Архитектура советского авангарда. / С. Хан-Магомедов // Книга первая. Проблемы формообразования. Мастера и течения. Глава 7. Многообразии концепций формы. – 8. Супрематическая архитектура Л. Хидекеля. – URL: http://alyoshin.ru/Files/publika/khan_archi

References

1. Nekrasov, A. The theory of architecture / A. Nekrasov. – M.: Stroyizdat, – 1994. – 480 p.
2. Ruskin, Dz. Seven Lamps of Architecture / Dz. Ruskin. – SPb.: Azbuka-klassika, 2007, 320 p. – P. 129.

3. Gabrichevski, A.G. Zholtoviski as the theorist of architecture / A.G. Gabrichevski / Architecture USSA. – 1983. – № 3–4. – P. 103–107.
4. Hun-Magomedov, S. The Architecture of Soviet Avangard / S. Hun-Magomedov // The first book. The problems of morphogenesis. Masters and courses / Chapter 2. Neoclassic in the first years after the revolution. – 2. The create conception of I. Zholtoviski. – URL: http://alyoshin.ru/Files/publika/khan_archi/
5. Aalto, A. Architecture and humanism: collected articles / A. Aalto; translating from Finnish, English, French and German / The wording by A. Gozak. – M.: Publishing House «Progress», 1978. – 222 p. – P. 19.
6. Hun-Magomedov, S. The Architecture of Soviet Avangard / S. Hun-Magomedov // The first book. The problems of morphogenesis. Masters and courses. / Chapter 7. Diversification of forms concepts. – 8. Suprematistic architecture by L. Hidekel. – URL: http://alyoshin.ru/Files/publika/khan_archi/

Мордовский государственный университет
им. Н.П. Огарева

Россия, 430000, г. Саранск,
ул. Большевистская, д. 68,
тел.: (8342)47-71-56; факс: (8342)47-71-56

Антошкин Василий Дмитриевич,
кандидат технических наук, доцент,
зав. кафедрой «Архитектура»
E-mail: antovd@mail.ru

Mordovian State University
named after N.P. Ogarev

Russia, 430000, Saransk, 68,
Bolshevistskaya St.,
tel.: +7(8342)47-71-56; fax: +7(8342)47-71-56

Antoshkin Vasilij Dmitrievich,
Candidate of Architecture, Associate Professor,
Head. of the department «Architecture»
E-mail: antovd@mail.ru

ЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКТИВНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ СБОРНЫХ СФЕРИЧЕСКИХ КУПОЛОВ

В.Д. Антошкин

Рассмотрены вопросы конструктивно-технологического формообразования треугольных сетей на сфере с шестиугольными монтажными панелями (система «Антрагер»). Предлагаемые геометрические схемы членения сферической оболочки разработаны путем использования в качестве исходной основы сферических секторов 60° и 120° . По сравнению с аналогами предлагаемые оболочки имеют максимум однотипных монтажных элементов, позволяют производить укрупнительную сборку при минимуме сборных деталей.

Ключевые слова: сборная сферическая оболочка, конструктивно-технологические решения, панель, правильный шестиугольник, разрезка, купол

EFFECTIVE STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF COMPOSITE SPHERICAL DOMES

V.D. Antoshkin

The problems of structural and technological formation of triangular networks sphere with hexagonal mounting plates, which are called the system «Antrager.» are considered. The proposed scheme of geometric division of the spherical shell developed by using as a point of departure spherical sectors 60° and 120° . Compared to peers, given shells have a maximum mounting elements, which give the possibility of maximum aesthetic quality with minimum prefabricated parts.

Keywords: composite spherical shell, design and technological solutions, panel, regular hexagon, cutting, dome

Во многих конструктивных решениях куполов просматривается тенденция применения уже на стадии разрезки и формообразования этих покрытий эффективных технологических решений изготовления отдельных элементов, стеновой укрупнительной сборки сегментов куполов, возведения их с обеспечением заданной точности монтажа покрытия в целом или основных его несущих конструкций. Учитывая, что не все возможности разбиения сферы на панели или стержни еще исчерпаны и то, что преобладающее количество сетчатых куполов построено на сфере, проанализируем решения сборных сферических куполов из шестиугольных панелей, исходя из построений на сфере эффективной треугольной сети [1, 2]. Так, использование возможностей центральной симметрии окружностей на сфере для построения геометрической сети из шестиугольников позволяет на 15-40 % снизить число типоразмеров монтажных элементов купола, получить при необходимости плоские шестиугольные панели, а также воспользоваться конструктивными преимуществами предварительного напряжения.

Эффективные конструктивно-технологические формы купольных покрытий в виде сферических оболочек должны обеспечивать реализацию всех вышеизложенных принципов и подходов уже на стадии геометрической разрезки сферы. Предлагаемые геометрические схемы членения сферической оболочки разработаны путем исполь-

зования в качестве исходной основы сферических секторов 60° и 120° . Каждая разновидность разрезки, как геометрическая основа, имеет свои архитектурные, технологические и конструктивные возможности и будет оптимальна только для определенного вида куполов или оболочек [1-4]. Исследовано несколько конструктивно-технологических методов образования треугольных сетей на сфере с шестиугольными монтажными панелями, которые названы системой «Антрагер».

Суть предложенных вариантов разрезов заключается в том, что сборная сферическая оболочка составляется из монтажных шестиугольных панелей, разнотипные марки которых одинаковым образом, полностью или частично, расположены в пределах секторов, имеющих общую вершину сферы на панели в виде правильного шестиугольника. Шестиугольные панели выполнены с углами, описанными окружностями со своими радиусами из центров панелей, которые лежат на сфере, углы трех смежных панелей соединены и расположены в точке пересечения соответствующих трех окружностей, где располагаются узловые элементы. Панели в виде неправильных шестиугольников могут иметь убывающие размеры от центральной панели к периферии. Панели в виде правильных шестиугольников, расположенные по осям симметрии секторов, которые являются осями симметрии сферы, имеют одинаковые размеры панелей.

В первом варианте для секторов, составляющих 120° (рис. 1), сборная сферическая оболочка также содержит шестиугольные панели, разнотипные марки которых одинаковым образом расположены в пределах секторов, имеющих общую вершину на панели, выполненной в виде правильного шестиугольника. Неправильные шестиугольные панели имеют убывающие размеры от вершины секторов к периферии, образуют одинаковые ряды разнотипных марок, повернутые в пределах каждого сектора на одинаковый угол относительно оси, проходящей через центр сферы и перпендикулярной плоскости симметрии сектора. В пределах секторов, составляющих углы 120° , шестиугольные панели, частично расположенные в пределах секторов, выполнены с центрами на осях секторов и виде правильных шестиугольников одного радиуса, а панели, в виде неправильных шестиугольников, полностью расположенные в пределах секторов, могут иметь равные радиусы-ребра и длины сторон-ребер. На рис. 1,а показан вид сверху сборной сферической оболочки с тремя секторами в плане, составляющих 120° ; на рис. 1,б – вид сбоку этой сборной сферической оболочки.

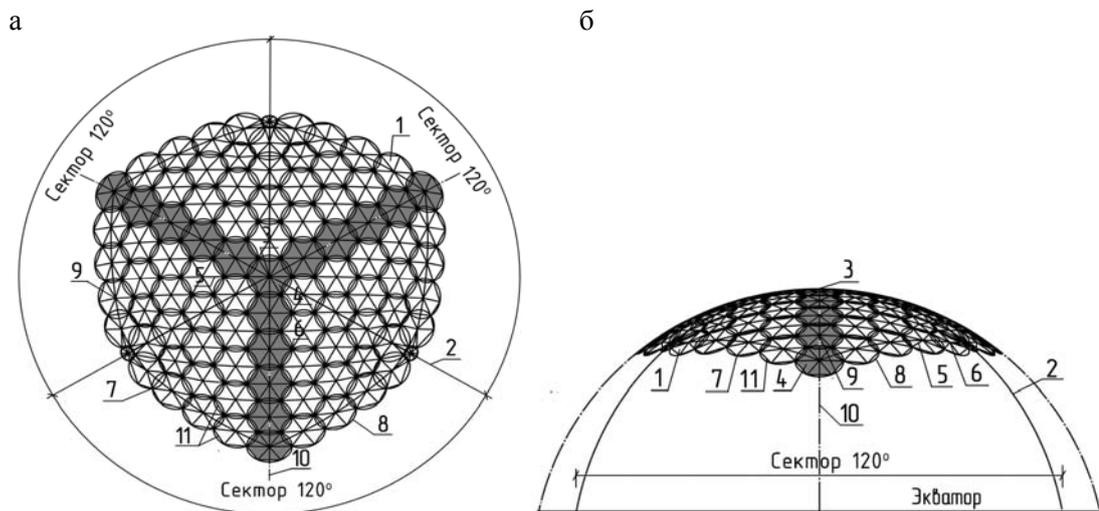


Рис. 1. Купол в виде сферы с тремя секторами в плане, составляющих 120° , образованной шестью рядами правильных шестиугольных панелей, и состоящий из стержней 16 типоразмеров:
 а – вид сверху сборной сферической оболочки; б – вид сбоку сборной сферической оболочки;
 1 – шестиугольные панели; 2 – границы сектора; 3 – общая вершина сферы; 4 – правильные шестиугольные панели; 5 – радиусы-ребра панелей; 6 – узловые элементы; 7 – углы трех смежных панелей; 8 – окружности соответствующих радиусов; 9 – центры окружностей; 10 – оси сектора; 11 – стороны-ребра сферы

Во втором варианте решений в пределах секторов, составляющих 60° , шестиугольные панели образованы по такому же принципу, что и в первом варианте, но на осях секторов, составляющих углы 60° , расположены шестиугольные панели в виде правильных шестиугольников, которые чередуются с панелями в виде неправильных шестиугольников, при этом на осях секторов лежат стороны-ребра этих неправильных панелей.

Панели в виде правильных и в виде неправильных шестиугольников также выполнены с центрами на дополнительных осях, перпендикулярных осям секторов. На рис. 2,а изображен вид сверху сборной сферической оболочки с шестью секторами в плане, составляющих 60° ; на рис. 2,б – вид сбоку этой сборной сферической оболочки.

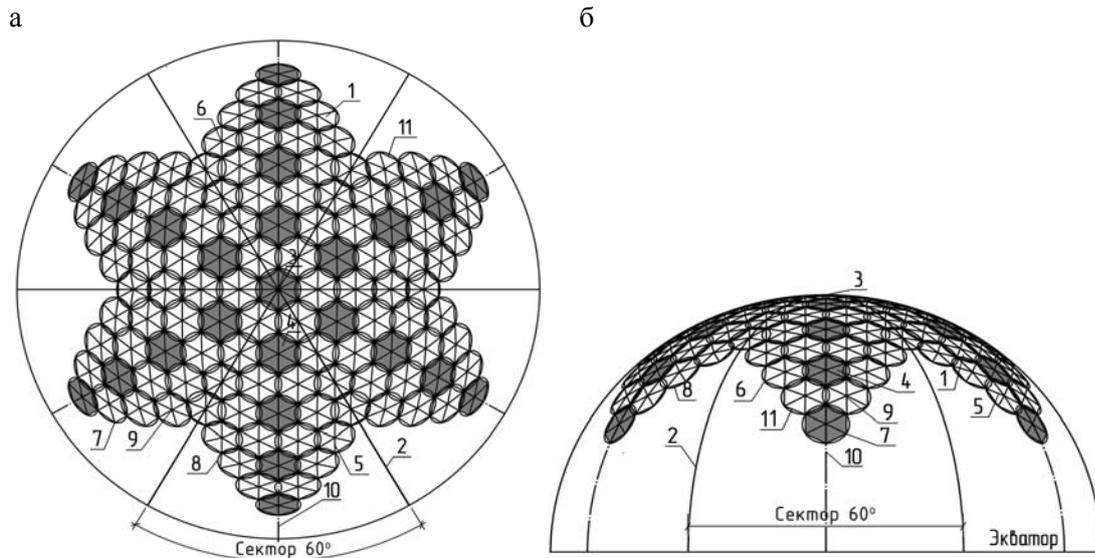


Рис. 2. Сферическая оболочка с шестью секторами в плане, составляющих 60° , образованная шестью рядами правильных шестиугольных панелей и состоящая из стержней 15 типоразмеров: а – вид сверху сборной сферической оболочки; б – вид сбоку сборной сферической оболочки; 1 – шестиугольные панели; 2 – границы секторов; 3 – общая вершина сферы; 4 – правильные шестиугольные панели; 5 – радиусы-ребра панелей; 6 – узловые элементы; 7 – углы трех смежных панелей; 8 – окружности соответствующих радиусов; 9 – центры окружностей; 10 – оси сектора; 11 – стороны-ребра сферы

В третьем, принципиальном для монтажа варианте решений (рис. 3–5), в сборном сферическом куполе шестиугольные панели выполнены в виде полной шестиугольной панели ограждения каждая, но с незавершенным каркасом. Каркас панели изготавливаются в виде трех треугольных призм, собранных из сквозных ригелей и узловых элементов-стоек. При этом узловые элементы-стойки для соединения каркаса по углам выполняются в виде труб или полых конусов с отверстиями, обеспечивающими соединения ригелей в шестиугольный каркас под разными углами $45-75^\circ$, т.е. близкими к 60° . Торцевые элементы ригелей соединяются с узловым элементом-стойкой через шайбы-прокладки регулируемой толщины на болтах (см. рис. 4 и 5).

Монтаж сборной сферической оболочки (рис. 3) покрытия зданий из шестиугольных панелей 1 и 4 начинается с укрупнительной сборки панелей 1 и 4. Собираются по схеме оболочки (рис. 3, б) незавершенные каркасы панелей 1 и 4 из ригелей 2 и 5 и узловых элементов-стоек 6, при этом недостающие узловые элементы-стойки 6 и ригели 5 (рис. 4, б) располагаются по часовой стрелке. Незавершенный каркас раскрепляется связями 12 по нижним и верхним поясам ригелей 2 и 5, как показано на рис. 3, 5, 6, и, возможно, треугольными панелями ограждения.

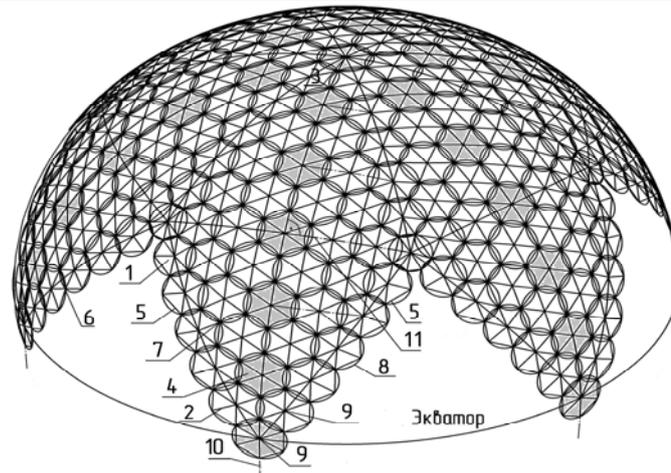
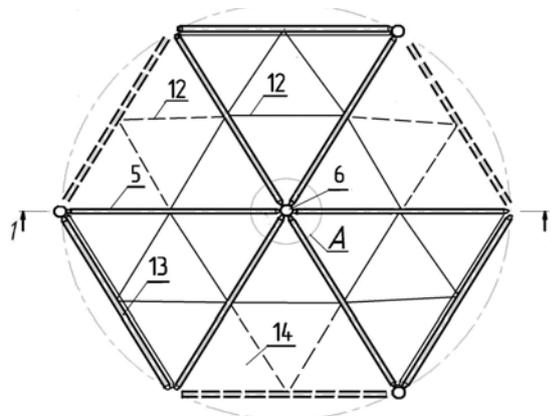


Рис. 3. Купол в виде сферы, образованной семью рядами правильных шестиугольных панелей, и состоящий из стержней 18 типоразмеров:

- 1 – шестиугольные панели; 2 – радиусы-ребра панелей; 3 – общая вершина сферы;
- 4 – правильные шестиугольные панели; 5 – стороны-ребра (ригели) панелей; 6 – узловые элементы; 7 – углы трех смежных панелей; 8 – окружности соответствующих радиусов;
- 9 – центры окружностей; 10 – оси сектора; 11 – дополнительные оси

Монтаж оболочки производится путем установки их в проектное положение раскреплением панелей 1 и 4 по периметру купола, начиная с основания и завершая панелью 4 на вершине 3. При монтаже небольшая часть узловых элементов-стоек 6 в незавершенном каркасе панелей 1 и 4 служит для монтажной жесткости панелей 1 и 4 и отсоединяется в процессе монтажа купола. Демонтаж панелей оболочек (рис. 3, 5, 6) происходит в обратном порядке.

а



б

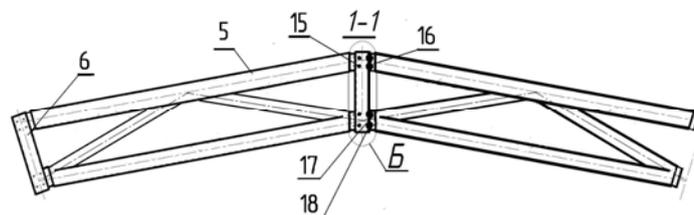


Рис. 4. Шестиугольная панель:

- а – план шестиугольной панели с незавершенным каркасом (показаны связи, а треугольные панели ограждения условно не показаны); б – разрез шестиугольной панели;
- 5 – сквозные ригели-ребра панели; 6 – узловые элементы – стойки; 7 – углы панелей;
- 12 – связи-распорки; 13 – незавершенный каркас в виде трех треугольных призм 14;
- 15 – фрезерованные (удлиненные) отверстия, обеспечивающие соединения ригелей 5 под разными углами, но близкими к 60°; 16 – торцевые элементы ригелей; 17 – шайбы-прокладки регулируемой толщины; 18 – болты

На рис. 3 показана схема расположения окружностей, описывающих шестиугольники, в пределах секторов, а также по осям и границам секторов 60° . Это распределение окружностей, описывающих шестиугольники, представляет теоретическую основу размещения максимального числа панелей одного радиуса, с учетом пересечения трёх смежных окружностей и образования в точках пересечения углов трех соответствующих панелей. На схеме оболочки показано, как с помощью дополнительных перпендикулярных осей и упрощений с применением двух равных радиусов для малых шагов между осями (меньше 20°) можно по границам секторов выполнить шестиугольные панели до наклона в 45° к экватору. Шестиугольники можно разместить рядом с осями секторов почти до точки «надир».

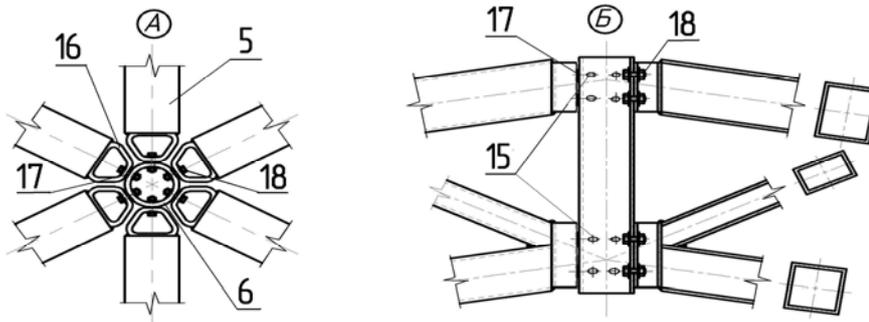


Рис. 5. Узел соединения каркаса панелей:

А – вид сверху; Б – вид и разрез узла;

5 – сквозные ригели-ребра панели; 6 – узловые элементы –стойки; 7 – углы панелей;
15 – фрезерованные (удлиненные) отверстия, обеспечивающие соединения ригелей 5 под разными углами, но близкими к 60° ; 16 – торцевые элементы ригелей; 17 – шайбы-прокладки регулируемой толщины; 18 – болты

Для геометрического расчета с заданными параметрами пролета и стрелы подъема воспользуемся зависимостями сферической тригонометрии и предложенными упрощениями. В свою очередь, для разработки алгоритма геометрического расчета разрезов предлагаемых конструктивно-технологических систем, воспользуемся также повторяемостью параметров сети на любом сферическом треугольнике и, соответственно, на любом совместимом сферическом треугольнике или в сферическом секторе.

При решении указанной проблемы предложены автоматизированные средства в системах AutoCAD и LIRA 9.4, дополненных специальными программными элементами. С учетом ограничений, которые дают разрезы на основе секторов 120° , получаем оптимальную по критерию минимума типоразмеров разрезку на сфере с шестью рядами окружностей (см. рис. 1), состоящую из монтажных шестиугольных панелей одной правильной и семи неправильных (для стержней – всего 24 типоразмера). Опорный контур сборной оболочки выполняется в виде шести арок радиусом 20 м (рис. 1,б), выполненных по окружностям из центра сферы, проходящим через углы опорных шестиугольных панелей.

Координаты купола с диаметром сферы 40 м наиболее эффективной разрезки для секторов 120° (рис. 1, а, б) показаны в табл. 1.

С учетом ограничений, которые дают разрезы на основе секторов 60° , получаем оптимальную по критерию минимума типоразмеров разрезку на сфере для заданных параметров купола с пяти рядами окружностей (см. рис. 6), состоящую из шести разных монтажных панелей: из одной правильной шестиугольной панели и пяти неправильных шестиугольных панелей (для стержней – всего 16 типоразмеров, с элементами входов 21 типоразмер).

Опорный контур этой сборной оболочки выполняется по аркам, выполненным по главным окружностям сферы, либо разомкнутым, в виде отдельных опор с тремя разными отметками и с использованием под входы и участки нестандартных панелей малого радиуса (см. рис. 6), выполненных также по окружностям параллельным сферическим главным окружностям сферы, которые обозначены условно, как оси секторов.

Координаты узлов основной части сетчатого купола для диаметра 40,0 м

Номер узла	X, м	Y, м	Z, м	Номер узла	X, м	Y, м	Z, м
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	0	26	-4.33963	0.841125	-0.49461
2	0	1.682249	-0.07087	27	-4.33963	-0.84112	-0.49461
3	-1.45687	0.841125	-0.07087	28	-4.30925	-2.50571	-0.63117
4	-1.45687	-0.84112	-0.07087	29	-2.86776	-3.33795	-0.49016
5	-2E-07	-1.68225	-0.07087	30	-1.45687	-4.15253	-0.49016
6	1.45687	-0.84112	-0.07087	31	-0.01538	-4.98478	-0.63117
7	1.45687	0.841124	-0.07087	32	1.441382	-4.1788	-0.49461
8	1.45428	2.518886	-0.21262	33	2.898252	-3.33767	-0.49461
9	-0.00774	3.351085	-0.28274	34	4.324634	-2.47907	-0.63117
10	-1.44667	2.505708	-0.21039	35	4.324635	-0.81458	-0.49016
11	-2.89825	1.682249	-0.28274	36	4.324636	0.81458	-0.49016
12	-2.90856	2E-07	-0.21262	37	4.324634	2.479069	-0.63117
13	-2.89825	-1.68225	-0.28274	38	4.324311	4.125428	-0.91385
14	-1.44667	-2.50571	-0.21039	39	2.877638	4.984215	-0.84597
15	-0.00774	-3.35108	-0.28274	40	1.410571	5.807677	-0.91385
16	1.45428	-2.51889	-0.21262	41	-0.05348	6.583285	-1.11462
17	2.905996	-1.66884	-0.28274	42	-1.47203	5.755985	-0.90283
18	2.893343	-2E-07	-0.21039	43	-2.83447	4.909454	-0.82024
19	2.905997	1.668835	-0.28274	44	-4.24881	4.152812	-0.90283
20	2.898253	3.337671	-0.49461	45	-5.67455	3.337955	-1.11462
21	1.441382	4.178796	-0.49461	46	-5.73488	1.682249	-0.91385
22	-0.01538	4.984777	-0.63117	47	-5.75528	4E-07	-0.84597
23	-1.45687	4.152534	-0.49016	48	-5.73488	-1.68225	-0.91385
24	-2.86776	3.337954	-0.49016	49	-5.67455	-3.33795	-1.11462
25	-4.30925	2.505709	-0.63117	50	-4.24881	-4.15281	-0.90283

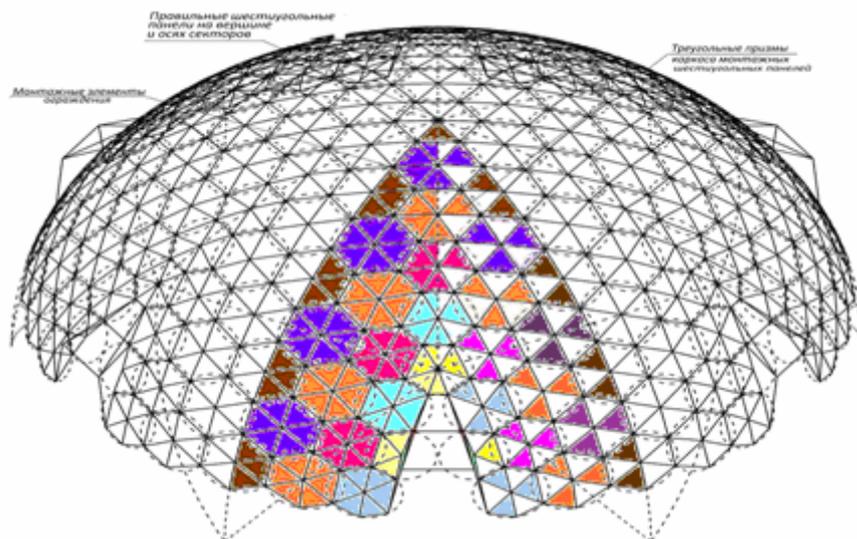


Рис. 6. Схема сборной сферической оболочки диаметром 45 м (43,6 м между опорами) из 6 секторов с углами на вершине 60° и с разрезкой из шестиугольных панелей

Координаты узлов разрезки (рис. 6) купола цирка «Шапито» пролетом 43,6 м эффективной разрезки приведены в табл. 2. Данные табл. 1 сборной сферической оболочки диаметром 40 м (32 м между опорами) из 3 секторов с углами на вершине 120° с разрезкой из шестиугольных панелей, а также данные табл. 2 координат 45 м (43,6 м между опорами) из 6 секторов с углами на вершине 60° и с разрезкой из шестиугольных панелей позволяют выполнить основные архитектурно-строительные чертежи покрытия здания, монтажные схемы и их фрагменты в любом ракурсе, выполнить конструирование купола, а также реализовать все статические и динамические расчеты (рис. 1, 6-7).

Длины ребер 21 типоразмера вместе с длинами элементов входов разрезки купола «Шапито» в виде секторов 60° показаны в табл. 3.

Т а б л и ц а 2

Координаты узлов части сетчатого купола для диаметра сферы 45 м

Номер узла	X, м	Y, м	Z, м	Номер узла	X, м	Y, м	Z, м
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0.00000000	0	35	0	0.00000000	0
2	-0	2.28755722	-0.11658915	36	6.03865125	-1.19885963	-0.85866413
3	-1.9810836	1.14377827	-0.11658915	37	6.03865102	1.19886075	-0.85866413
4	-1.98108338	-1.14377873	-0.11658915	38	6.02137147	3.4764417	-1.1012283
5	-0.00000045	-2.28755678	-0.11658915	39	5.94168952	5.71799452	-1.56555833
6	1.9810818	-1.14377828	-0.11658915	40	3.9518451	6.84479947	-1.43387483
7	1.98108157	1.14377872	-0.11658915	41	1.9810809	8.00465265	-1.56555833
8	2.02390402	3.50550697	-0.36710078	42	-0.0000018	9.09245047	-1.9190052
9	-0.00000013	4.74125805	-0.50521725	43	-1.98108405	8.0046522	-1.56555833
10	-2.0239065	3.50550675	-0.36710078	44	-3.95184803	6.84479857	-1.43387483
11	-4.10605088	2.37062902	-0.50521725	45	-5.94169245	5.7179934	-1.56555833
12	-4.04781143	-0.00000045	-0.36710078	46	-7.87429418	4.54622467	-1.9190052
13	-4.10605043	-2.37062903	-0.50521703	47	-7.9227747	2.28665767	-1.5655581
14	-2.02390583	-3.50550675	-0.36710078	48	-7.9036938	-0.0000004	-1.4338746
15	-0	-4.74125783	-0.50521703	49	-7.92277403	-2.2866588	-1.5655581
16	2.02390492	-3.5055063	-0.36710078	50	-7.87429328	-4.5462258	-1.9190052
17	4.1060493	-2.3706288	-0.50521725	51	-5.9416911	-5.7179943	-1.5655581
18	4.04780962	0.00000045	-0.36710078	52	-3.95184668	-6.84479903	-1.4338746
19	4.10604885	2.370629475	-0.50521725	53	-1.98108248	-8.0046522	-1.5655581
20	4.0575681	4.63019625	-0.85866413	54	0	-9.09245025	-1.91900498
21	1.98108112	5.82905632	-0.85866413	55	1.981082475	-8.00465198	-1.5655581
22	-0	6.95288227	-1.1012283	56	3.95184645	-6.84479835	-1.4338746
23	-1.98108405	5.8290561	-0.85866413	57	5.941690875	-5.71799318	-1.5655581
24	-4.0575708	4.63019557	-0.85866413	58	7.8742926	-4.54622468	-1.9190052
25	-6.02137373	3.4764408	-1.1012283	59	7.9227729	-2.28665745	-1.56555833
26	-6.03865305	1.19885962	-0.85866413	60	7.903692225	0.00000067	-1.43387483
27	-6.0386526	-1.19886053	-0.85866413	61	7.92277245	2.28665902	-1.56555833
28	-6.02137328	-3.47644125	-1.1012283	62	7.8742917	4.5462258	-1.9190052
29	-4.05756968	-4.63019603	-0.85866413	63	7.798448925	6.83944267	-2.53362308
30	-1.9810827	-5.8290561	-0.85866413	64	5.74340265	8.00123422	-2.27023065
31	0	-6.95288205	-1.1012283	65	4.05756765	8.97455115	-2.27023065
32	1.98108247	-5.82905565	-0.85866413	66	2.02390335	10.1733772	-2.53362308
33	4.05756922	-4.63019535	-0.85866413	67	-0.0000018	11.3059660	-3.04684785
34	6.02137215	-3.47644058	-1.1012283	68...	-2.02390695	10.1733770	-2.53362308

1	2	3	4	5	6	7	8
261	12.23150625	-11.7471395	-7.71335235	301	-17.2552399	-7.6747617	-10.2686974
262	14.10970613	-10.4337981	-8.41802468	302	-16.8469238	-9.72657743	-11.1940335
263	15.76415858	-9.10143945	-9.27483165	303	-15.274157	-11.1060972	-10.2686972
264	16.09078815	-7.00246238	-8.4180249	304	-13.5431793	-12.3823589	-9.4804182
265	16.2890748	-4.7192229	-7.71335235	305	-11.6490638	-13.3575032	-8.6390316
266	16.18054425	-2.7545076	-7.10998245	306	-10.1998789	-14.2361681	-8.37399533
267	15.84794903	-0.8025525	-6.54856155	307	-8.50420013	-14.7297083	-7.77029198
268	15.84794903	0.802555425	-6.54856155	308	-7.2289422	-15.9514387	-8.3739951
269	16.1805438	2.754510525	-7.10998245	309	-5.74340355	-16.7671373	-8.63903183
270	16.2890739	4.719225825	-7.71335258	310	-3.95184578	-17.9199167	-9.4804182
271	16.09078703	7.0024653	-8.4180249	311	-1.98108158	-18.780856	-10.2686972
272	15.76415678	9.1014426	-9.27483188	312	0.0000009	-19.4531519	-11.1940335
273	15.27415515	11.1060972	-10.2686976	313	1.9810836	-18.7808555	-10.2686972
274	13.5431775	12.38235908	-9.48041865	314	3.951847575	-17.919916	-9.4804182
275	11.64906203	13.35750345	-8.63903228	315	5.743405125	-16.7671361	-8.63903183
276	10.19987708	14.23616828	-8.37399555	316	7.22894355	-15.9514376	-8.37399555
277	8.504198325	14.72970825	-7.77029243	317	8.50420125	-14.7297067	-7.7702922
278	7.2289404	15.9514389	-8.37399555	318	10.19988	-14.236166	-8.37399533
279	5.74340175	16.76713725	-8.63903205	319	11.64906473	-13.3575012	-8.63903205
280	3.951843975	17.91991688	-9.48041865	320	13.54317998	-12.3823564	-9.48041843
281	1.98108	18.7808562	-10.2686976	321	15.27415718	-11.1060943	-10.2686974
282	-0.0000027	19.45315215	-11.194034	322	16.84692383	-9.7265745	-11.1940337
283	-1.98108518	18.78085575	-10.2686976	323	17.25523943	-7.67475855	-10.2686974
284	-3.95184915	17.91991598	-9.48041865	324	17.49502575	-5.53755713	-9.48041843
285	-5.7434067	16.76713613	-8.63903205	325	17.39246805	-3.40963268	-8.63903228
286	-7.22894513	15.95143778	-8.37399578	326	17.42882153	-1.7152695	-8.37399555
287	-8.50420283	14.72970668	-7.77029243	327	17.00840025	0.000001575	-7.77029243
288	-10.1998816	14.23616648	-8.37399578	328	17.42882108	1.71527265	-8.37399555
289	-11.6490663	13.35750143	-8.63903228	329	17.39246738	3.409635825	-8.63903228
290	-13.5431816	12.3823566	-9.48041843	330	17.49502485	5.537560275	-9.48041843
291	-15.274159	11.10609428	-10.2686974	331	17.25523808	7.6747617	-10.2686976
292	-16.8469256	9.7265745	-11.1940337	332	16.84692203	9.72657765	-11.194034
293	-17.2552412	7.674758325	-10.2686974	333	16.2794349	11.7359433	-12.326623
294	-17.4950276	5.5375569	-9.48041843	334	14.55674648	13.08962138	-11.4088813
295	-17.3924699	3.409632675	-8.63903205	335	13.03189448	14.15588198	-10.8367799
296	-17.4288233	1.7152695	-8.37399555	336	11.31271763	14.88052103	-9.9763227
297	-17.0084021	-1.575E-06	-7.7702922	337	9.504844875	15.43999928	-9.17654985
298	-17.4288231	-1.71527265	-8.37399555	338	8.6190048	15.95143913	-9.17654985
299	-17.3924692	-3.40963605	-8.63903205	339	7.230546	17.2373634	-9.9763227
300	-17.4950267	-5.53756028	-9.48041843	340	5.74340175	18.36389453	-10.8367799

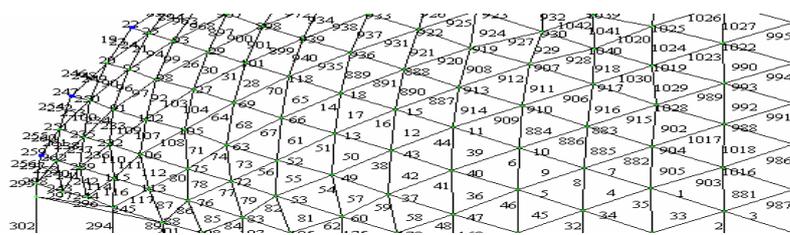


Рис. 7. Фрагмент схемы сборной сферической оболочки диаметром 45,0 м (43,6 м между опорами) из 6 секторов с углами на вершине 60° с разрезкой из шестиугольных панелей с номерами стержней

На основе анализа систем разбиения сферы в пределах секторов (оставлены базовые сферические структуры) предложены следующие три способа разбивки оболочки:

- одноконтурная система из плоских или пространственных шестиугольников (система «АТ60» и система «АТ60ПС» – рис. 2, 3);
- одноконтурная система из плоских или пространственных шестиугольников (система «АТ120» – рис. 1);
- двухконтурная система, состоящая из шестигранных пирамид, вершины которых соединены стержнями (система «АТ60ПП» – рис. 2, 3).

На рис. 8 приведен пример спроектированного светопрозрачного купольного тентового покрытия цирка и представлена методика определения размеров сборных деталей и раскладки монтажных схем с помощью табл. 2 и 3 координат и длин элементов.

По приведенным рисункам и схемам можно получить визуальное представление о специфических композиционных и строительных различиях существующих геодезических оболочек и предлагаемых конструктивно-технологических форм сферических оболочек, имеющих эффективные геометрические основы [5, 6].

Т а б л и ц а 3

Длины ребер купола вместе с длинами элементов входов для диаметра сферы 45 м

Номер элемента по рис. 6	Длина, м	Номер типоразмера	Номер элемента по рис. 6	Длина, м	Номер типоразмера	Номер элемента по рис. 6	Длина, м	Номер типоразмера	Номер элемента по рис. 6	Длина, м	Номер типоразмера
1	2		3	4		5	6	7		8	
1	2.4843	1	82	2.0545	10	58	2.0581	11	298	2.8058	17
2	2.2876	2	84	1.6051	12	188	2.0581	15	299	4.4386	20
16	2.2905	3	48	1.9466	7	190	2.5815	14	300	5.4929	19
35	2.3754	4	89	1.0229	13	198	1.8664	16	302	3.8308	21
38	2.3977	5	53	2.7166	8	200	1.6051	12			
80	1.7153	6	56	1.9466	9	294	2.6721	18			

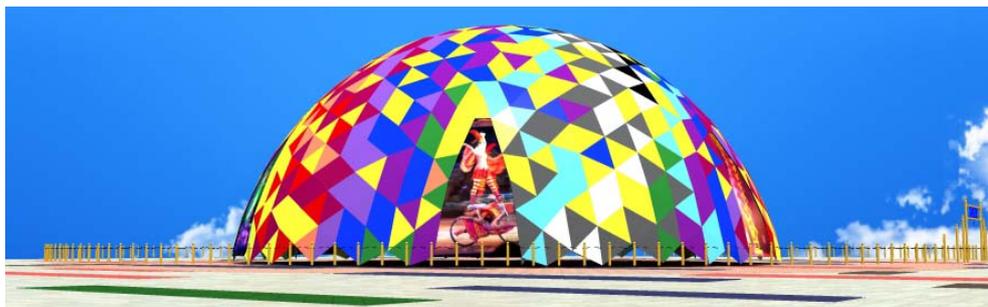


Рис. 8. Запроектированное сборное сферическое покрытие цирка «Шапито» пролетом 43,6 м на основе секторной разрезки АТ60 ПС

Выводы. Разработанные сборные сферические оболочки системы «Антрагер» могут применяться для покрытий зданий различного назначения, а также для устройства сферических отражателей в зеркальных антеннах и концентраторах энергии. Эти оболочки по сравнению с аналогами имеют максимум однотипных монтажных элементов, возможности укрупнительной сборки и максимум эстетического качества при минимуме сборных деталей.

Список литературы

1. Павлов, Г.Н. Композиционное формообразование кристаллических куполов и оболочек / Г.Н. Павлов // Архитектура СССР. – 1977. – № 7. – С. 32.
2. Туполев, М.С. Геометрия сборных сферических куполов / М.С. Туполев // Архитектура СССР. – 1969. – № 1. – С. 15-18.
3. Современные конструктивно-технологические решения сферических оболочек / В.И. Травуш, В.Д. Антошкин, В.Т. Ерофеев, С.С. Гудожников // Строительство и реконструкция. – 2012 ноябрь-декабрь. – № 6(44). – 12 с. – URL: <http://elibrara.rudelfulx/asp>.
4. Травуш, В.И. Сборная сферическая оболочка / В.И. Травуш, В.Д. Антошкин, В.Т. Ерофеев // Патент на полезную модель №129534 от 27.06.13 г.
5. Травуш, В.И. Сборная сферическая оболочка / В.И. Травуш, В.Д. Антошкин, В.Т. Ерофеев // Патент на изобретение RU №2012116363 от 20.02.14 г.
6. Antoshkin, V.D. The problem optimization triangular geometric line field / V.D. Antoshkin, V.I. Travush, I.V. Erofeeva // Applied Science. – 2015. – Vol.9, No. 3. – P. 46–50.

References

1. Pavlov, G.N. Composite forming crystalline domes and shells / G.N. Pavlov // Architecture of the USSR. – 1977. – No 7. – P. 32.
2. Tupolev, M.S. Geometry prefabricated spherical domes / M.S. Tupolev // Architecture of the USSR. – 1969. – No 1. – P. 15–17.
3. Modern constructive and technological solutions of spherical shells / V.I. Travush, V.D. Antoshkin, V.T. Erofeev, S.S. Gudozhnikov // Construction and Reconstruction 2012 – No 6. – P. 15–24.
4. Travush, V.I. Team spherical shell / V.I. Travush, V.D. Antoshkin, V.T. Erofeev // A utility model patent RU No 129534 from 06.27.2013 year.
5. Travush V.I. Team spherical shell / V.I. Travush, V.D. Antoshkin, V.T. Erofeev // Patent RU No2012116363 from 20.02.2014 year.
6. Antoshkin, V.D. The problem optimization triangular geometric line field / V.D. Antoshkin, V.I. Travush, I.V. Erofeeva // Applied Science. – 2015. – Vol.9, No. 3. – P. 46–50.

УДК 711.42(597)

*Воронежский государственный
архитектурно-строительный университет*
Россия, 394006, Воронеж, ул. 20-летия
Октября, д. 84

Чернявская Евгения Михайловна,
кандидат архитектуры, профессор кафедры
градостроительства
E-mail: Ch-em@vgasa.vrn.ru

До Тхи Хьен,
аспирант кафедры градостроительства
E-mail: dthienarch127@gmail.com

*Voronezh gosudarstvenny University of
architecture and construction*
Russia, 394006, Voronezh, 84,
St. of 20 years of October

Chernyavskaya Evgeniya Mihailovna,,
Candidate of Architecture, Professor of the
department of urban planning
E-mail: Ch-em@vgasa.vrn.ru

Do Thi Hien,
Postgraduate of department of urban planning
E-mail: dthienarch127@gmail.com

АНАЛИЗ ИСТОРИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЦЕНТРОВ КРУПНЕЙШИХ ГОРОДОВ ВЬЕТНАМА (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ ХАНОЙ И ХАЙФОН)

Е.М. Чернявская, Т.Х. До

Рассмотрены процессы, способствующие формированию и развитию планировочной структуры общественных центров крупнейших городов Вьетнама. Выявлена специфика функциональной и пространственной структуры сложившихся центров в разные исторические периоды. Определены основные факторы, влияющие на изменение функциональной структуры общественных центров. Намечена исследовательская научная база для определения возможности трансформации общественных центров в реальных условиях и в перспективе.

Ключевые слова: ретроспективный анализ, сложившиеся общественные центры, функциональная структура, традиционный торгово-жилой квартал, французский квартал

ANALYSIS OF HISTORICAL DEVELOPMENT OF PLANNING STRUCTURE OF CITY CENTRES IN VIETNAM (CASE STUDIES OF HANOI AND HAIPHONG)

E. M. Chernyavskaya, T.H. Do

In this article the formation and development of functional and special structure of historical existing centres in large cities of Vietnam are considered. Basic specificities of functional and spatial structure of historic existing centres are defined in each period. The basic factors which have influence on the changes of functional structure of community centres are defined. Researched scientific basis for determining capability in transformation of the city centres in current condition and in perspective are outlined.

Keywords: retrospective analysis, historic existing centres, functional structure, traditional commercial-residential quarter, historic French quarter

В условиях современной глобализации и бурной урбанизации намечаются тенденции радикального развития общественных центров крупнейших городов Вьетнама, особенно их функциональной структуры. Процессы структурных преобразований общественных центров крупнейших городов Вьетнама в настоящее время недостаточно изучены. В связи с этим особое значение приобретают исследования научных основ исторического поэтапного развития планировочной и функциональной структуры сложившихся центров. Предметом исследования является историческое развитие общественных центров двух крупнейших городов Вьетнама – Ханоя и Хайфона. В силу своего стратегического положения в системе расселения и благоприятных природных условий Ханой являлся крупным политическим, торговым и культурным

центром Севера Вьетнама. Хайфон, расположенный в дельте реки Хонг Ха, вследствие своего географического расположения сложился как главный оборонительный центр древнего вьетнамского государства.

Вьетнамские города в основном были созданы в эпоху средневековья. Сначала, в феодальный период (с X до середины XIX века), они возникали как административные центры или опорные пункты обороны, на территории которых были сооружены цитадели, преимущественно для укрепления власти вьетнамских феодальных династий. Одна из самых крупных цитаделей находилась в Ханое [5, с. 71], а в Хайфоне построили оборонительный форт, который считался главными морскими воротами северного побережья страны. Планировочная структура цитадели (или оборонительного сооружения), которая являлась административным центром и символом феодальной власти, всегда предполагала её расположение на территории с благоприятными природными условиями и требовала окружения крепости мощными стенами. Сеть улиц в цитадели была прямоугольной в плане, а главная её ось всегда была направлена с севера на юг в соответствии с принципами «фэншуй». Предполагалось, что такая ориентация поможет городу и стране благоденствовать.

Одновременно с развитием оборонительных функций на территории этих городов росла концентрация населения. Благоприятное географическое положение способствовало интенсивной торговле и производственной деятельности. В соответствии с этим менялась планировочная структура городов: появлялись первые торговые кварталы с хаотичной структурой и узкими улицами, вдоль которых были расположены малоэтажные дома с шириной фасадов от 3 до 4 м. Торговая деятельность всегда была связана с семейным ремесленным производством, поэтому все здания этой зоны выполняли торговые и жилые функции. Пространство дома разделялось на две части: торговое помещение по главному фасаду и жильё на периферии [3, с. 142]. В тот период буддизм играл огромную роль в духовной жизни и деятельности всего общества. Духовная жизнь горожан была связана с традиционными религиозными обрядами и происходила в общественно-культурной зоне, где интенсивно развивалось строительство культовых сооружений. Кроме культовых зданий в общественно-культурной зоне некоторых городов, например Ханоя, были построены комплексы государственных учебных заведений с целью подготовки чиновников для обслуживания феодальных династий [3, с. 196–197].

Таким образом, функциональная структура общественных центров исследуемых городов включала следующие основные зоны: административная зона феодальных династий (цитадели, оборонительные пункты); торгово-жилой квартал; общественно-культурная зона (рис.1). При этом четко прослеживалось разделение центра на две социальные зоны: одна, регулярная, структурированная в соответствии с принципами «фэншуй», связанная с монархической властью; другая отличалась хаотичной застройкой в силу стихийной концентрации торговой деятельности местных жителей.

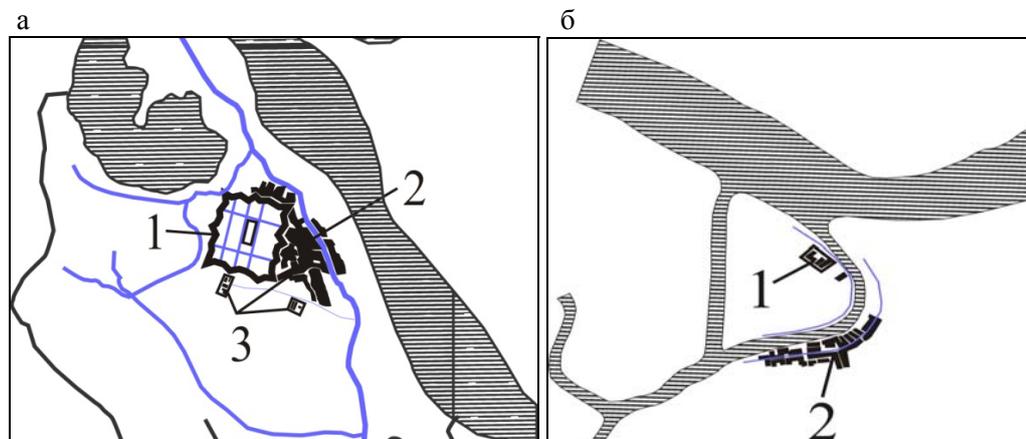


Рис. 1. Генеральные планы Ханоя (а) и Хайфона (б) феодального периода:
1 – цитадель или оборонительные пункты; 2 – торгово-жилой квартал;
3 – общественно-культурная зона

После франко-китайской войны 1885 года Вьетнам перешёл под власть французских колонизаторов (с середины XIX века до 1954 г.). Начался период интенсивного изменения во всех сферах общества, особенно в градостроительстве. Страна попала под влияние европейской культуры и особенно французской архитектуры. С целью усмирения и эксплуатации населения захваченных территорий французы наметили мероприятия по развитию и строительству новых городов колониального типа, в том числе предполагалась реконструкция Ханоя и Хайфона. Сначала в городах были построены новые оборонительные сооружения с целью укрепления колониальной власти, а впоследствии на этой территории также были организованы новые торгово-обслуживающие центры, не связанные с местными торгово-жилыми кварталами. Постепенно под влиянием колониальной политической и экономической экспансии исторические цитадели были разрушены, а на их месте создана новая структура административных центров колониальной власти. Интенсивно росла численность как коренного населения городов, так и выходцев из Франции. В силу того, что в социально-экономических условиях происходили радикальные изменения, возникла необходимость в строительстве нового общественного центра на свободных территориях. Эти общественные центры удовлетворяли потребности как французских колонизаторов, так и вьетнамской буржуазии, появившейся в этот период и поддерживавшей колониальный режим. Общественные центры были разделены на основные зоны: административная зона, возведённая на территории разрушенной древней цитадели или оборонительных пунктов феодальных династий; культурно-просветительная зона (театры, музеи европейского стиля); новые культовые ансамбли, построенные в связи с проникновением в страну христианства и других религий в период французской колонизации; новые торгово-обслуживающие центры; зоны учреждений здравоохранения; зоны колониальных учебных заведений; новые коммунально-транспортные центры [5, с. 73]. Застройка новых общественных центров во французских кварталах обогащалась зданиями новых типов, выполненными в неизвестных ранее европейских стилях. Уличная сеть была более разветвлённой и имела регулярную прямоугольную форму в отличие от свободной уличной структуры в местном торгово-жилом квартале. В планировочной структуре городов для торжественных мероприятий впервые появились широкие площади, расположенные в новых кварталах, которые включали архитектурные ансамбли, скульптурные памятники и парки в европейском стиле.

В этот же период французскими архитекторами были реконструированы территории древних торгово-жилых и общественно-культурных зон традиционных кварталов местного населения, что давало возможность оптимизировать налоговую систему и получить большую прибыль от эксплуатации населения [5, с. 73]. Но в основном традиционный народный архитектурный стиль застройки местных торгово-жилых кварталов сохранялся, была проведена лишь частичная реконструкция. В результате этого в структуре сформировавшихся центров крупных городов Вьетнама сложился своеобразный градостроительный организм, состоящий из двух контрастных, но гармонично сосуществующих зон – традиционно застроенного и «европейского» участков (рис. 2).

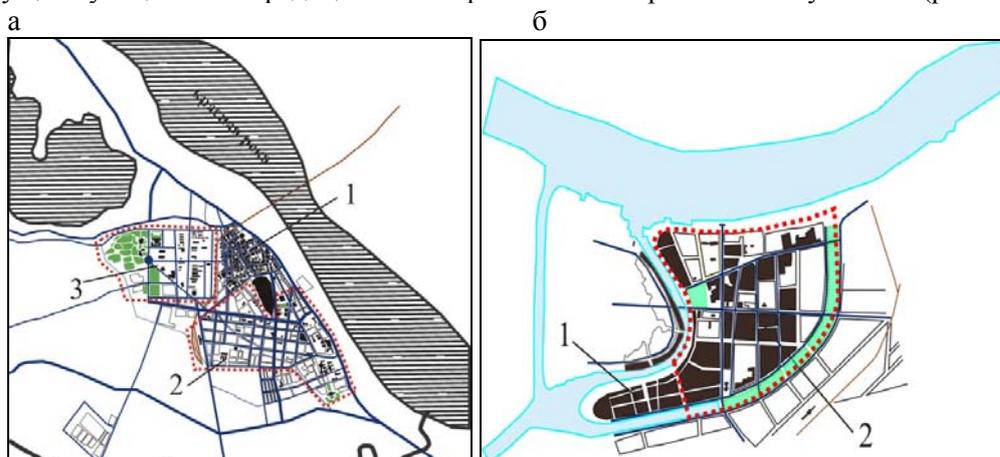


Рис. 2. Генеральные планы Ханоя (а) и Хайфона (б) французского колониального периода:
1 – торгово-жилой квартал, 2 – французский квартал, 3 – новый административный центр

Итак, в период французской колонизации в результате реконструкции и расширения большинства вьетнамских городов значительно изменился их облик. Это ознаменовало переход вьетнамских городов от традиционно восточных средневековых архитектурных форм к европейским и стало базой для современного развития городов Вьетнама [10].

После Женевского соглашения (1954 г.) территория Вьетнама была временно разделена по 17-й параллели на две части: Север и Юг. Северный Вьетнам взял курс на строительство социализма и стал территорией Демократической Республики Вьетнам, а в южной части страны была создана Республика Вьетнам, власть в которой осуществляло правительство, поддерживаемое Соединенными Штатами Америки. Ханой стал столицей – политическим, экономическим и культурным центром, а Хайфон – промышленным центром Северного Вьетнама. На Севере шёл процесс социалистического преобразования во всех сферах общественной жизни, в том числе и в экономике. С целью восстановления экономики, истощённой французской колонизацией, осуществлялась командно-административная политика, которая главной задачей ставила развитие промышленности. Все государственные капиталовложения были направлены на строительство периферийных промышленных и новых жилых зон [4]. За пределами сложившихся городских центров Ханоя и Хайфона появился второй пояс жилых планировочных территорий, который соединил промышленные зоны с историческими ядрами городов. На этих территориях появились новые системы учреждений образования и здравоохранения, обслуживающие живущее в этой зоне население [1]. С территориальным расширением исследуемых городов постепенно формировались и сети обслуживания, включающие функции образования и здравоохранения. Этот период определил предпосылки развития общественных центров крупнейших городов с развитыми планировочными структурами. Если в периферийных зонах исследуемых городов интенсивно развивалось новое строительство, то внутри сложившихся центров планировочная структура мало изменялась, так как частная коммерческая деятельность в центральной зоне города была запрещена. Почти все функции общественных зданий французского квартала были сохранены.

Основной тенденцией развития общественных центров крупнейших городов Вьетнама в этот период являлось начальное формирование сложных многоступенчатых структур, равномерно пронизывающих ткань города при минимальном развитии исторически сложившегося ядра (рис. 3).

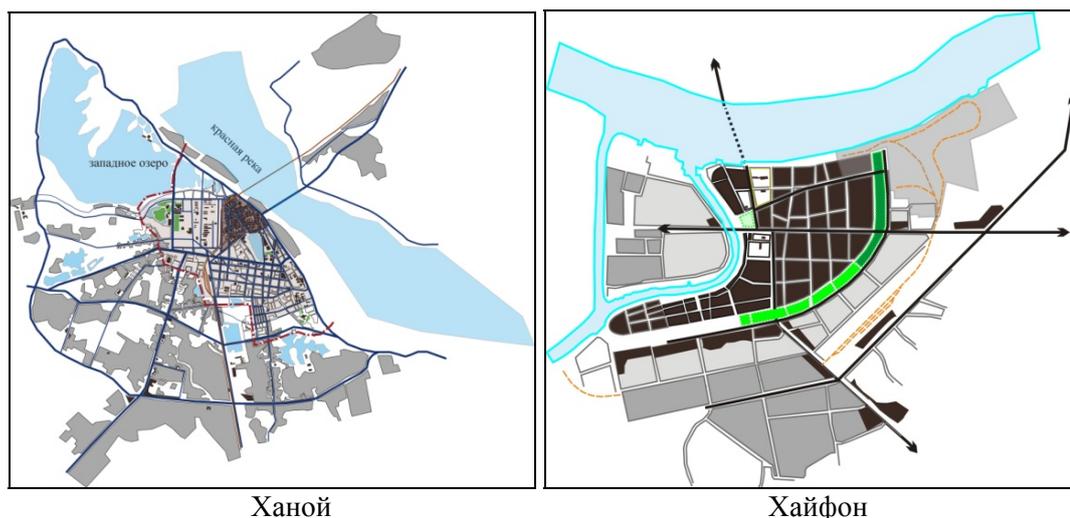


Рис. 3. Ханой и Хайфон после французского колониального периода

В 1986 г. VI съезд Коммунистической партии Вьетнама положил начало процессу, официально названному «обновление», благодаря которому страна вступила в период модернизации. Намеченные реформы исключали прямое государственное вмешательство в ценообразование, производство и сферу внешней торговли. В стране начала

формироваться база рыночной экономики, в которой стимулировалась частная коммерческая и иностранная инвестиционная деятельность. Это явилось предпосылкой интенсивного развития всех сфер государства, в том числе и градостроительства. Во всех крупных городах шла интенсивная урбанизация. Если в предыдущий период основное градостроительное развитие происходило за пределами исторического ядра при незначительном изменении его внутренней структуры, то в данный период, наравне с интенсивной трансформацией общественных функций на периферийной территории, качественно меняется и территория исторического центра.

В современных условиях урбанизации, государственных инвестиционных вложений и возможности частных строительных компаний территории городов быстро расширяются. Благодаря строительству крупных жилых образований формируются новые планировочные пояса городов. Однако инвесторы, стремясь получить максимальную прибыль в условиях интенсивного строительства и эксплуатации жилого фонда, не уделяли достаточного внимания сфере обслуживания. Таким образом, на периферии городов сложился дисбаланс между жилой и общественной застройкой, что привело к чрезмерной нагрузке на сложившиеся центры.

После снятия экономических санкций в 1994 году и особенно после вступления Вьетнама во Всемирную торговую организацию (WTO) в 2007 году крупнейшие города стали притягательными для иностранных инвесторов, особенно в сфере промышленного производства. Наряду с необходимостью строительства крупных промышленных зон на периферии требовалось возведение офисных зданий для иностранных компаний и корпораций. В силу удобного территориального расположения в структуре города и развитой транспортной инфраструктуры оптимальными для размещения многочисленных деловых зданий оказались сложившиеся центры. Интенсивное строительство новых общественных зданий повлекло за собой значительное изменение функциональной и архитектурно-пространственной структуры центральных исторических кварталов.

В настоящее время в торгово-жилых кварталах феодального периода часть объектов жилого назначения перепрофилируется под общественные функции. В стране активно развивается туристический бизнес, наиболее притягательными для иностранных туристов становятся достопримечательности исторических центров крупнейших городов Вьетнама, особенно их традиционные торгово-жилые кварталы, вследствие чего происходит изменение функций жилых домов этих кварталов. Реконструируются традиционные малоэтажные жилые дома с включением торговых функций и превращаются в многоэтажные гостиницы или здания общественного питания, сувенирные магазины. Реконструируемые здания выполняются в современном архитектурном стиле. По статистическим данным, с 1986 г. по 2002 г. в Ханое было построено более 200 частных гостиниц, 40 % из которых расположено в старом торгово-жилом квартале [4]. Однако развивающиеся потребности в торговле и сервисной сфере привели к вторжению в пространство традиционных культурных зон новых объектов, которые ухудшили восприятие архитектурного исторического наследия и окружающей среды. В результате этого повысилась плотность застройки и, как следствие, разрушилась традиционная функциональная структура старых кварталов, ухудшились условия жизни населения.

Под влиянием современных процессов находятся и французские кварталы. Они также стали притягательным местом для иностранных инвесторов. Благодаря крупным иностранным вложениям на территориях кварталов строятся многочисленные многоэтажные гостиницы, офисные и жилые здания. Так, с 1986 г. по 2002 г. в Ханое появилось 88 многоэтажных зданий, 36 % из которых построено во французском квартале [4]. Это привело к значительному разрушению исторического облика этой зоны. Кроме того, происходит интенсивное функциональное уплотнение главных улиц. Примером этого процесса в Ханое являются улицы Ба Чиеу и Чан Хын Дао, составляющие главные оси исторического французского квартала и соединяющие северную часть с южной, а западную – с восточной частью центра (рис.4). Под влиянием современных условий появилась новая композиционная ось – торговая

улица Ба Чиеу, соединенная с существующими торговыми улицами Ханг Хай и Ханг Бай-Хюэ. Вместе они образовали новую систему торговых улиц сложившегося центра. Здесь сконцентрировано около 60 % всех частных иностранных фирм и 50 % вьетнамских частных компаний города. На улице Чан Хын Дао большая часть зданий жилого назначения, 87 % которых принадлежат иностранным компаниям, перепрофилируется под здания с административно-деловыми функциями [2, с. 28].

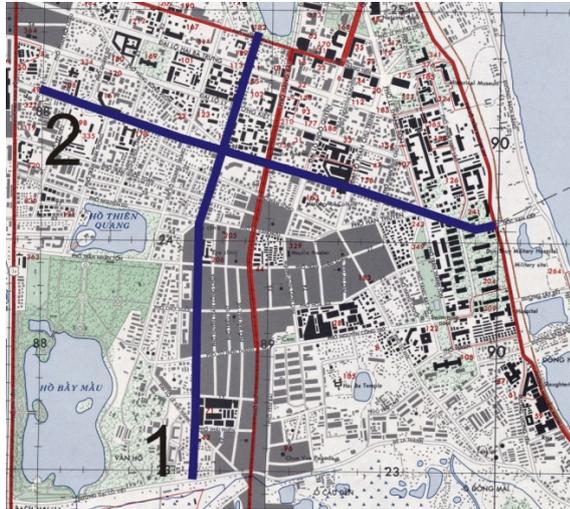


Рис. 4. Французский квартал Ханоя:
1 – улица Ба Чиеу, 2 – улица Чан Хын Дао

Ретроспективное исследование развития общественных центров крупнейших городов Вьетнама позволяет определить их архитектурно-планировочные особенности, которые заключаются в том, что в планировочной структуре исторических центров сформировались две основные части: традиционный торгово-жилой квартал и французский квартал, которые характеризуются стилевыми и функциональными различиями. Они отражают специфику двух разных культур, поэтому построены в соответствии с различными градостроительными принципами. При формировании и развитии общей планировочной структуры сложившихся центров взаимодействие двух стилей исторической застройки стало неотъемлемой частью общей архитектурной композиции, в которой гармонично сочетаются уникальность и целостность облика центров городов.

Процесс концентрации общественных функций в центре города связан с повышением роли крупнейших городов в стратегической, политической и экономической системе Вьетнама и с ростом притягательности этих городов для иностранных инвесторов. В то же время концентрация новых функций в центре города приводит к опасности разрушения существующей, но недостаточно развитой инфраструктуры и к потере целостности исторического облика города. Поэтому весьма актуальна разработка новой методики управления процессом насыщения функций в общественном центре.

Более того, решение о выборе путей развития общественных центров для разных городов будет разным в связи с индивидуальной спецификой каждого из них. Для подготовки исследования по развитию сложившихся центров необходимо определить потенциальные ресурсы города, что следует делать на этапе предпроектного анализа, включающего в себя анализ функциональной характеристики, параметров состояния материально-пространственной базы и природно-климатических факторов.

По нашему мнению, решение вышеуказанных актуальных задач целесообразно выполнять на основе концептуальной модели архитектурно-планировочного развития общественных центров, которая состоит из нескольких блоков (рис. 5).

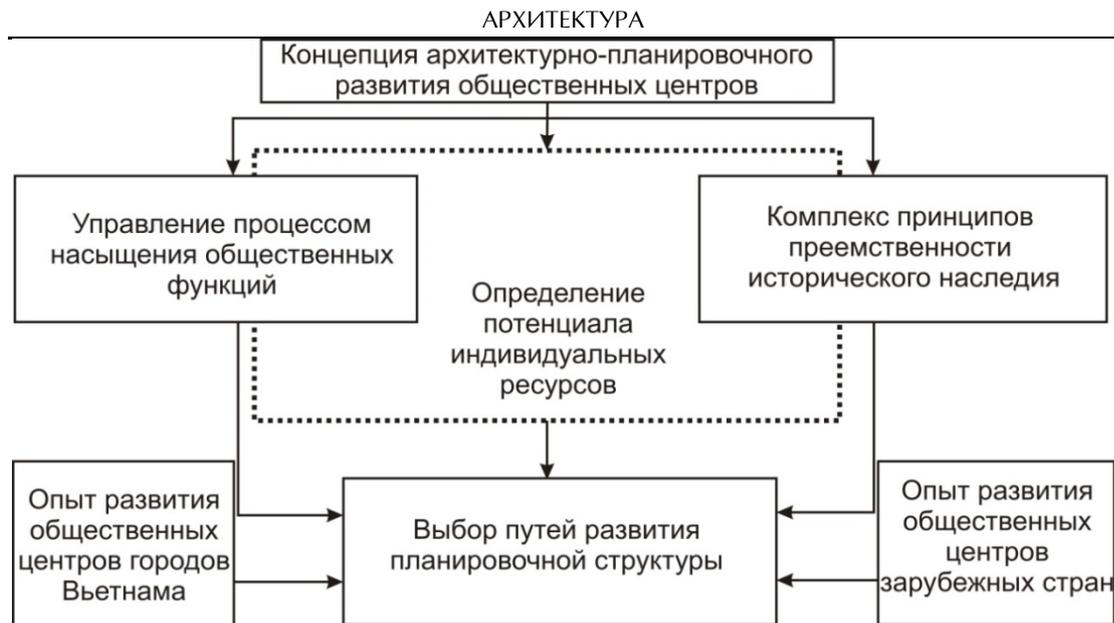


Рис. 5. Концепция архитектурно-планировочного развития общественных центров крупнейших городов Вьетнама

В блоке «Управление процессом насыщения общественных функций» рассматривается изменение функциональной структуры общественного центра и возникновение новых функций в современных социально-экономических условиях. Через систему оценок степени воздействия каждой функциональной категории определяются приоритетные функции, которые необходимо сохранить в сложившемся центре. Группы функций, имеющих существенное отрицательное влияние, следует выносить за пределы общественных центров.

Блок «Комплекс принципов преемственности исторического наследия» предполагает формирование системы оценок ценностей структурных элементов исторических центров. С помощью данной системы определяются соответствующие методы реконструкции и сохранения таких элементов.

В блоке «Определение потенциала индивидуальных ресурсов» рассматриваются вопросы, связанные с особенностями градостроительной ситуации сложившихся общественных центров исследуемых городов.

Кроме того, в блоках «Опыт развития общественных центров городов Вьетнама» и «Опыт развития общественных центров зарубежных стран» выделяются образцы, наиболее подходящие для развития общественных центров исследуемых городов.

Таким образом, по результатам исследования всех этих блоков осуществляется выбор оптимальных путей развития планировочной структуры исторических центров крупнейших городов Вьетнама.

Итак, на базе анализа истории формирования и развития сложившихся центров крупнейших городов Вьетнама можно сделать следующие выводы:

1. В результате исследования выявлены пути развития общественных центров крупнейших городов, которые характеризуются двумя противоположными направлениями:

с одной стороны, интенсивное развитие общественных центров как современных центров, которые должны удовлетворять новым общественным требованиям, появляющимся в условиях процесса урбанизации и мировой глобализации;

с другой стороны, сохранение традиционных ценностей и идентичности исторических центров, которые находят выражение в архитектурном историческом наследии и окружающем пространстве их восприятия.

2. Для решения этой многоплановой задачи требуется создание универсальной модели, включающей сложный комплекс факторов, определяющих перспективное

развитие сложившихся центров городов. Одна из таких моделей предложена авторами в данной статье.

Список литературы

1. Chuyển hóa không gian kiến trúc Hà Nội qua các thời kỳ/ Nguồn tạp chí kiến trúc, số 10/2010. – URL: <http://www.xaydung.gov.vn/en/web/guest/thong-tin-tu-lieu/-/tin-chi-tiet/ek4I/86/42010/chuyen-hoa-khong-gian-kien-truc-ha-noi-qua-cac-thoi-ky.html>
2. Hà Nội – Chu kỳ của những thay đổi. Hình thái kiến trúc và đô thị/Tập san nghiên cứu kiến trúc đô thị và xã hội / Pierre Clement và Nathalie Lancret: dịch từ tiếng Pháp Mạc Thu Hương, Trương Quốc Toàn. – Hà Nội: Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, 2005. – 344 tr.
3. Ngô Huy Quỳnh. Tìm hiểu lịch sử kiến trúc Việt Nam. – Hà Nội: Nhà xuất bản xây dựng, 2011. – 279 tr.
4. Những thay đổi về kinh tế chính trị và cấu trúc không gian đô thị Hà Nội. – URL: <http://ashui.com/mag/tuongtac/phanbien/3782-nhung-thay-doi-ve-kinh-te-chinh-tri-va-cau-truc-khong-gian-do-thi-cua-ha-noi.html>
5. Quá trình đô thị hóa Thăng Long- Hà Nội, kinh nghiệm lịch sử và định hướng quy hoạch phát triển đô thị trong thời kỳ công nghiệp hóa –hiện đại hóa đất nước: báo cáo tổng hợp đề tài NCKH cấp nhà nước/ Chủ nhiệm: Lê Hồng Kế, phó chủ nhiệm: Đỗ Đức Viêm, Trần Hùng, Lê Kiều Thanh, và những người khác; Trung tâm bảo vệ môi trường và quy hoạch phát triển bền vững. – Hà Nội, 11/2008. – 153 tr.
6. До Тхи Хьен. Формирование общественных центров в условиях интенсивного развития крупнейших городов Вьетнама /До Тхи Хьен // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникация: Всероссийская науч. конф.: сб. докл./ Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. – Воронеж, 2014. – №4. Т. 1. – С. 98–102.
7. До Тхи Хьен. Влияние социально-экономических условий на развитие архитектурно-планировочной структуры центров крупнейших городов Вьетнама / Е.М. Чернявская, До Тхи Хьен // Современные концепции научных исследований: Международная научн.-практ. конф.: сб. научн. раб./ Евразийский Союз Ученных. – М., 2015. – С. 156–159.
8. Моисеев, Ю.М. Общественные центры: учеб. пособие для архит. и строит. спец. вузов/ Ю.М. Моисеев, В.Т. Шимко; под общ. ред. Н.Н. Миловидова, Б.Я. Орловского, А.Н. Белкина // Серия учеб. пособий «Реконструкция и модернизация зданий и комплексов». – М.: Высш.шк., 1987. – 96 с.
9. Сосновский, В.А. Трансформация функциональной и транспортной структуры исторических центров крупных городов: автореф. дис. ... канд. арх.: 18.00.04: защищена 1974 / В.А. Сосновский. – М., 1974. – 16 с.
10. Хо Хай Нам. Черты европейского влияния в архитектуре и градостроительстве Вьетнама колониального периода (на пример г. Хюэ): автореф. дис.... канд. арх.: 18.00.01: защищена 19.12.2007/ Хо Хай Нам. – СПб., 2007. – 18 с.

References

1. Architectural spatial transformation of Hanoi in different periods/ Architecture journal N° 10-2010. – URL: <http://www.xaydung.gov.vn/en/web/guest/thong-tin-tu-lieu/-/tin-chi-tiet/ek4I/86/42010/chuyen-hoa-khong-gian-kien-truc-ha-noi-qua-cac-thoi-ky.html>
2. Hanoi – Periods of changes. Morphology of architecture and urban planning/ Journal of research in architecture, urban planning and society/ Pierre Clement and Nathalie Lancret: translated from French Mạc Thu Hương, Trương Quốc Toàn. – Hanoi: Publishers of scientific and technical, 2005. – 344 p.
3. Ngô Huy Quỳnh. Learn about architecture of Vietnam. – Hanoi, 2011. –279 p.
4. Changes in economy, politics and structures of urban space in Hanoi. – URL: <http://ashui.com/mag/tuongtac/phanbien/3782-nhung-thay-doi-ve-kinh-te-chinh-tri-va-cau-truc-khong-gian-do-thi-cua-ha-noi.html>

5. Urbanization process of Thang Long – Hanoi, historical experience and orientation of planned urban development in the period of industrialization and modernization of the country: synthesis report of scientific research/ Ngo Hong Ke, Do Duc Viem, Tran Hung, Le Kieu Thanh and the others; centre of environmental protection and sustainable development planning. – Hanoi, 11/2008. – 153 p.

6. To Thi Hien. The formation of community centers in conditions of intensive development of the largest cities in Vietnam and To thi Hien // Urban planning. Infrastructure. Communication: all-Russian scientific. Conf.: proc./ Voronezh. state architect.-builds. Univ. – Voronezh. 2014. – N° 4. V. 1. – P. 98–102.

7. To Thi Hien. The influence of socioeconomic conditions on the development of architectural and planning structure of the centres of the largest cities in Vietnam / E.M. Cherniavsky, To thi Hien // Modern research concepts: international scientific.-practical. Conf.: SB. nauchn. RAB./ The Eurasian Union Scientists. – M., 2015. – P. 156–159.

8. Moiseev, Yu. M. Community centers: proc. manual for archit. and builds. spec. universities/ J.M. Moiseev, V.T. Shimko; under the General editorship of N.N. Milovidova, B.Y. Orlov, A.N. Belkina // Series proc. benefits "Reconstruction and modernization of buildings and complexes". – M.: Higher.Sch., 1987. – 96 p.

9. Sosnowski, B.A. Functional transformation and transport patterns of the historic centers of large cities: author. dis. ... candidate. arch.: 18.00.04: protected 1974 / V.A. Sosnowski. – M., 1974. – 16 p.

10. Ho Hai Nam. Features of European influence in architecture and urban development of Vietnam's colonial period (e.g. hue): author. dis.... cand. arch.: 18.00.01: protected 19.12.2007/ Ho Hai Nam. – SPb., 2007. – 18 p.

УДК 72.03

*Костромской государственной
технологической университет*

Россия, 156005, г.Кострома,
ул. Дзержинского, 17,
тел.: (4942) 31-75-10

Ибрагимов Александр Майорович,
доктор технических наук, профессор,
советник РААСН, проректор по науке

*Костромская государственная
сельскохозяйственная академия*

Россия, 156630 г. Кострома (Костромская
обл., Костромской р-н), Костромской р-н,
пос. Каравеево, Учебный городок КГСХА

Пиляк Сергей Александрович,
преподаватель кафедры «Архитектурное
проектирование»
E-mail: s.pilyak@mail.ru

Kostroma state technological university

Russia, 156005, Kostroma, 17,
Dzerzhinsky St.,
tel.: (4942) 31-75-10

Ibragimov Alexander Majorovitch,
Doctor of Sciences, Professor, RAACS
Councilor, Vice-rector on science

Kostroma state agricultural academy

Russia, 156630, Kostroma (Kostroma region,
Kostromskoy district), Karavaevo, Training the
town of KSAA

Pilyak Sergey Alexandrovich,
lecturer of the department «Architectural
design»
E-mail: s.pilyak@mail.ru

АРХИТЕКТУРНОЕ СВОЕОБРАЗИЕ ДЕРЕВЯННОГО ЗОДЧЕСТВА КОСТРОМСКОГО РЕГИОНА*

А. М. Ибрагимов, С. А. Пиляк

Рассмотрены предпосылки формирования своеобразия деревянного зодчества Костромского региона, проанализированы исторические и социально-экономические черты, способствующие сохранению культурного и архитектурного своеобразия региона и выделению уникальных типов деревянных сооружений.

Ключевые слова: деревянное зодчество, Костромской регион, региональные особенности народной архитектуры

ORIGINALITY OF WOODEN ARCHITECTURE OF THE KOSTROMA REGION

A.M. Ibragimov, S.A. Pilyak

The article describes prerequisites for the formation of originality of wooden architecture of the Kostroma region, analyzes historical and socio-economic characteristics that contribute to the preservation of cultural and architectural identity of the region and highlights the unique types of wooden structures.

Keywords: wooden architecture, the Kostroma region, regional features of folk architecture

Культурное наследие регионов Российской Федерации является фундаментом современной культурной жизни страны. Однако это огромное богатство используется не в полной мере. Природные особенности и история российских регионов, характерные национальные черты населяющих их народов, отразившиеся в дошедшем до нашего времени культурном наследии, позволяют выделить свойственные провинциальным местностям своеобразные особенности, нивелирующиеся с каждым годом в ходе ускоряющейся глобализации. Наиболее уязвимо в этой связи деревянное зодчество. Народная архитектура исчезает вместе с образом жизни, традициями натурального хозяйства.

* Костромской регион – условная территория, составляющая границы настоящего исследования.

Народное деревянное зодчество России, несмотря на своеобразие и самобытность, является одним из самых малоизученных пластов истории отечественной архитектуры. Сравнительная недолговечность дерева как строительного материала определяет современную малочисленность памятников народной деревянной архитектуры. Ввиду ограниченного ресурса жизни деревянного сооружения редкий объект существует в течение нескольких веков. Граф Н.И. де-Рошефор указывает следующие пределы срока службы древесины, находящейся на открытом воздухе: «для дуба до 50 лет, для сосны до 20 лет». Деревянные детали сооружения, постоянно контактирующие с грунтом, прослужат гораздо меньше. Для дуба указан срок в 15-20 лет, для сосны и ели – 7-9 и 4-5 соответственно [1, с. 40]. Для памятников деревянного зодчества чрезвычайно высока вероятность разрушения. Памятники деревянного зодчества исчезают из застройки провинциальных городов и сел, некогда полностью «деревянных». Характерные региональные особенности культового зодчества, ранее определявшие облик тысяч храмов и часовен, к настоящему времени вследствие утраты или поздней реконструкции в ряде регионов уже практически не присутствуют в историко-культурной среде. Между тем именно региональные особенности в полной степени отражают в первую очередь культурное своеобразие отдельной территории.

Архитектурные особенности Костромского региона проявились в культовом деревянном строительстве. Храм – наиболее значительное общественное сооружение в традиционной застройке населенных мест. И в русском деревянном зодчестве храмовая архитектура стала наиболее яркой страницей, в полной степени отразила эстетику народа. В очерке «О древних деревянных постройках северных окраин России» академик В. Суслов отмечает: «Судя по обстоятельствам, при которых развивалось наше строительное искусство, видим, что главное место в постройках принадлежит церквям» [2, с. 89].

Выявление традиций служит важной цели культурной самоидентификации, созданию комплекса характерных черт, определяющих культурное своеобразие региона. Одной из важнейших практических целей выявления региональных особенностей культового деревянного зодчества является достижение достоверной, основанной на реальных образцах и научных фактах преемственности в новом строительстве культовых сооружений. Возведение храмов с ориентацией на традиции региона позволит не только сохранить локальное своеобразие архитектуры, но и передать его последующим поколениям в материализованной форме. Строительство в рамках характерных архитектурных особенностей при воссоздании утраченных объектов без достаточных данных об их облике позволяет воссоздать традиционную историко-культурную среду.

Первые упоминания о городах Костромского региона относятся к 1213 году. В ходе разыгравшейся между сыновьями скончавшегося великого князя Всеволода Юрьевича усабицы ростовский князь Константин напал на владения владимирского князя Юрия и переславского князя Ярослава: «зача Константин рать, отгять у Гюрге Соль Великую, а Кострому пожже, а у Ярослава отгя Нерехъть» [3, с. 111]. Несколько позже, в 1219 году, в связи с нападением волжских булгар, впервые упоминается город Унжа, а в 1238 году – Галич Мерьский. Наиболее ранние упоминания об административном делении современной территории Костромской области относятся к этому же периоду, к XIII веку. Костромское удельное княжество, существовавшее с 1246 по 1303 год, занимало часть современной территории Костромской области.

В 1708 году по Указу Петра I было установлено новое территориальное деление Российской империи. Южная часть современной Костромской области в составе одноименной провинции, образованной в 1719 году, вошла в состав Московской губернии. В Московскую губернию среди костромских населенных пунктов вошли Кострома, Судиславль, Кадый, Буй и Любим. Северная часть современной территории Костромской области была включена в состав Архангелогородской губернии. В обширной Галицкой провинции, вошедшей в состав Архангелогородской губернии находились города Галич, Солигалич, Унжа, Чухлома, посады Парфеньев, Судай, Кологрив [4, с. 3]. Часть территорий, позже вошедших в южную часть Костромской

губернии, с 1719 по 1778 года находилась в составе Ярославского уезда Московской губернии. Восточные районы современной территории Костромской области в 1708-1778 годах также входили в состав Нижегородской и Казанской губерний.

В 1744 году была основана Костромская епархия. В 1778 году было образовано Костромское наместничество в составе Московской губернии, объединившее ряд уездов (Буйский, Варнавинский, Ветлужский, Галичский, Кадыйский, Кинешемский, Кологривский, Костромской, Луховский, Макарьевский, Нерехтский, Плесский, Солигаличский, Чухломской, Юрьеveckий), с 1796 года получившее статус губернии. В связи с созданием уездов несколько крупных сел и посадов получили статус уездных городов. Такие города, как Варнавин, Макарьев, до 1778 года представляли собой крупные подмонастырские слободы. Также обычным для данной эпохи является основание города Кологрива. Основанный по приказу Василия III как форпост оборонительного рубежа от набегов казанских татар в 1521-1525 годах, город появился не на пустом месте. Укрепление было возведено в селе Архангельском на реке Унже. Потерявший военное значение и вследствие этого опустевший к середине XVII века город сохранял лишь 2 деревянных храма и несколько дворов причта. Позже, до 1778 года, Кологрив был перенесен в село Кичино, расположенное ниже по течению Унжи. Город в этом году стал уездным центром крупного Кологривского уезда [5, с. 82].

Дальнейшие изменения территориального деления Костромского региона произошли в первую половину XX века. «Постановлением Президиума ВЦИК от 5 июля 1922 г. Ветлужский и Варнавинский уезды были переданы из Костромской губернии в Нижегородскую» [6, с. 4]. В 1929 году, в ходе ликвидации губернского административного деления территории страны, Костромская губерния также была упразднена. Основная часть губернии стала округом Иваново-Вознесенской промышленной области. Указанная область 11 марта 1936 года была разделена на Ивановскую и Ярославскую области. В состав Ярославской вошли западные районы губернии и город Кострома.

Восточная часть территории бывшей Костромской губернии, вошедшая в 1922 году в состав Нижегородской, была сформирована в Шарьинский округ, объединивший бывший Ветлужский уезд и Кологривский, Мантуровский и Межевской районы. В связи с созданием в 1932 г. Горьковского края (в 1936 г. переименованного в Горьковскую область) указанные территории были переданы в его состав. Указом Президиума Верховного Совета СССР 13 августа 1944 года была образована Костромская область, объединившая наряду с территориями Костромской губернии ряд сельсоветов Вологодской области. Северо-восточные территории Костромской области (Вохомский, Октябрьский и Павинский районы) исторически являются территорией Никольского уезда Вологодской области [7, с. 5].

В настоящей работе, помимо территориальных границ Костромской губернии (по состоянию на 1796 год) и Костромской области (по состоянию на сегодняшний день), введено понятие Костромского региона – территории, объединяющей в своем составе Костромскую губернию, Костромскую область, а также пограничные территории других административных единиц, исторически и культурно тяготеющих к Костроме. Тем самым – Костромской регион – условная территория, составляющая границы настоящего исследования. Аналогичное значение в рамках настоящего исследования имеет понятие Костромского края.

Исследователи костромского деревянного зодчества в основном привлекали для анализа отдельные памятники, крайне редко рассматривая их в контексте развития локальных традиций. Несмотря на то, что уже с первых лет существования науки истории русского деревянного зодчества памятники Костромского региона были введены в научный оборот, системный анализ применялся в отношении единичных деревянных костромских храмов. Академик Л.В. Даль в ходе путешествия по Нижегородской губернии с целью изучения памятников деревянного зодчества России зафиксировал одну из сохранявшихся на тот момент деревянных церквей Ветлужского уезда. Изображение церкви села Семенова опубликовано в журнале «Зодчий».

Ярусный объем храма представлен в двух чертежах. Иных публикаций по памятнику не выявлено, что заставляет предположить его утрату в течение XIX века. Также в данной статье были приведены чертежи часовни-столба Ветлужского уезда [8]. Таким образом, первые костромские деревянные культовые памятники вошли в научный оборот уже в 1875 году.

Коллективный труд С.Я. Забелло, В.Н. Иванова, П.Н. Максимова «Русское деревянное зодчество» стал масштабным изданием, посвященным этой теме. Труд объединил практически все имеющиеся к 1942 году материалы по памятникам жилой и культовой архитектуры. В монографию вошли три культовых костромских памятника: клетская Спасо-Преображенская церковь в селе Спас-Вежи и ярусные Николаевская в селе Березовец на Ноле и Богородицкая церковь в селе Холм. На основании объемной композиции последней авторы издания делают следующий вывод: «Декоративный измельченный верх и приземистые пропорции основного восьмерика являются отличительными приемами костромской архитектурной школы» [9, с. 171]. Этот тезис является первым, свидетельствующим о выявлении региональных особенностей костромского деревянного зодчества.

Отдельные выводы о существовании местных особенностей были сделаны А.В. Ополовниковым. Выдающийся исследователь и практик-реставратор при работе с костромскими памятниками – церковью Собора Богородицы из села Холм, исследуя местные аналоги, пришел к следующему выводу, созвучному тезису С.Я. Забелло [9]: «Есть черты сугубо регионально-костромской архитектурной школы и в Богородицкой церкви. Это – декоративный измельченный верх и массивные, приземистые пропорции основного восьмерика. Эти черты костромской школы ярко выражены в образах других географически близких к холмской церкви, например Никольской на Ноле и Георгиевской в Старо-Георгиевском» [10, с. 241]. Работа А.В. Ополовникова с клетскими памятниками Костромской и Ивановской областей: церковью Спаса из села Фоминского, церковью Петра и Павла в городе Плесе, церковью Воскресения из села Билуково, церковью Успения в Иваново-Вознесенске и Рождественской церковью села Талицы позволила обобщить храмы, имеющие общие черты, в особую группу. Исследователь при этом не конкретизирует особенности данной группы: «так, существует прионежская школа деревянного зодчества, есть архитектурно-конструктивные приемы, типичные для клетских церквей Ивановской области» [10]. Как видно, теоретическая работа А.В. Ополовникова по изучению костромского зодчества связана в первую очередь с практикой реставрации костромских культовых памятников. Подчеркивает выводы выдающегося реставратора местный исследователь А. Стульников. Его статья посвящена в основном церкви Собора Богородицы из села Холм Галичского района. По мнению исследователя, пишущего об архитектурной школе Галичского, Чухломского, Солигаличского районов, «к этой архитектурной школе относятся также церковь Николы в селе Березовец на Ноле, церковь Михаила в селе Старо-Георгиевском и 3-главый Рождественский храм села Починок (Солигаличский район). Для них характерны массивные приземистые пропорции нижнего сруба и декоративный измельченный верх» [11].

Таким образом, несмотря на обращение многочисленных исследователей к наследию деревянного зодчества Костромского региона, его обобщающего исследования не проводилось.

Среди материалов и научных исследований, посвященных вопросам истории деревянного зодчества России, упоминания о памятниках Костромской области встречаются редко. Гораздо чаще речь идет о сохранившихся в большем количестве уникальных по архитектурным особенностям памятниках Русского Севера. Деревянная народная архитектура регионов Центрального Федерального округа, к которым относится и Костромской, рассматривается лишь в общих беглых обзорах, либо представлена в научных изданиях отдельными, привлекающими внимание исследователей памятниками.

Костромской регион занимает пограничное положение между зонами Русского Севера и Центральной России, однако Кострома на протяжении всей истории не стала

ядром формирования самобытной архитектуры. Зафиксировано существование отдельных периодов, близких к этому. XVII век отмечен в истории Костромы небывалым экономическим ростом и развитием – город некоторое время занимал четвертое место по количеству населения среди всех российских городов. Однако даже в это время костромская архитектура тяготела к верхневолжскому барокко соседнего Ярославля. Позднее в Костроме творили выдающиеся талантливые архитекторы: С.А. Воротилов, П.И. Фурсов, Н.И. Метлин, Н.И. Горлицын, но ни один из них, будучи, несомненно, яркой творческой личностью, не создал школу, способную сделать Кострому ярким архитектурным центром. Однако, с учетом вышеизложенного, костромская провинциальная архитектура обладает несомненным своеобразием.

Понятие «костромской архитектурной школы», введенное С.Я. Забелло, возможно уточнить и расширить с учетом известных к настоящему времени памятников. Отдельные характерные особенности, свойственные сооружениям культового, хозяйственного и жилого назначения, необходимо выявить. Ополовников А.В. отмечает: «Как известно, в разных географических (или этнических) зонах страны народное зодчество обладает своими чисто местными особенностями, свойственными только этим зонам» [12, с. 163]. Деревянное зодчество Костромского региона, развиваясь в русле общероссийских тенденций, составляет неотъемлемую часть русского деревянного зодчества. Для деревянного зодчества региона характерны общие конструктивные и декоративные решения, типологические ряды сооружений, структура градостроительных единиц. Своеобразие деревянного зодчества проявляется в локальных особенностях, проявляемых на сравнительно небольших территориях, как правило, объединяемых речными бассейнами или тяготеющих к крупным экономическим центрам или городам. Наиболее яркими чертами обладает группа ярусных ветлужских храмов второй половины XVIII века [13, 14] и клетские церкви Костромского Поволжья [15, 16, 17].

Костромской регион находится на границе крупных историко-культурных зон – Центральной России и Русского Севера. Граница данных зон географически совпадает с линией Северных увалов – водоразделом бассейнов Волги и Северной Двины. В пределах Костромского региона эта граница расположена в северной части региона исследования. Это предопределяет взаимопроникновение традиций деревянного зодчества разных историко-культурных зон и синтез локального своеобразия на территории Костромского региона.

Анализ развития архитектурных форм, типов зданий, характерных для регионов России, позволяет проследить и восстановить эволюцию культурного наследия. Исследование культурного наследия, выявление характерных особенностей, составляющих его своеобразие, дает возможность не только осознать его значимость для последующих поколений, но и приведет в итоге к его сохранению и приумножению.

Список литературы

1. Де-Рошефор, Н.И. Иллюстрированное урочное положение / Н.И. Де-Рошефор. – СПб.: Склад издания у К. Л. Риккера, 1916. – 694 с.
2. Суслов, В.В. Очерки по истории древнерусского зодчества / В.В. Суслов. – СПб.: Типография А. В. Маркса. 1889. – 124 с.
3. ПСРЛ, т. XXIV.
4. Памятники архитектуры Костромской области: каталог. Вып. III. Город Галич. Галичский район / под ред. И.Ю. Кондратьевой и Е.Г. Щеболевой. – Кострома: Научно-производственный центр по охране и использованию памятников истории и культуры, 2001. – 399 с.
5. Конопатов, С.Н. Исторические города и села Костромской области / С.Н. Конопатов. – Кострома.: комитет по охране и использованию историко-культурного наследия администрации Костромской области, 2004. – 222 с.
6. Войтюк, Т.В. Пыщуганье. Историко-краеведческий сборник. «Ветлужская сторона» Вып. III / Т.В. Войтюк. – Кострома: Изд-во «Диар», 1997-1998. – 190 с.

7. Памятники архитектуры Костромской области: каталог. Вып. VII. Вохомский район. Октябрьский район. Павинский район. Поназыревский район. Пыщугский район. Шарьинский район / под ред. И.Ю. Кондратьевой и Е.Г. Щеболевой. – Кострома: Комитет по охране и использованию историко-культурного наследия, 2005. – 183 с.
8. Даль, Л.В. Древние деревянные церкви в России / Л.В. Даль // Зодчий. – СПб., 1875. – № 6. – С. 78–79.
9. Забелло, С.Я. Русское деревянное зодчество / С.Я. Забелло, В.Н. Иванов, П.Н. Максимов. – М.: Изд-во Акад. архитектуры СССР, 1942. – 74 с.
10. Ополовников, А.В. Русское деревянное зодчество / А.В. Ополовников. – М.: Искусство, 1986. – 311 с.
11. Стульников, А. Из истории русской деревянной архитектуры / А. Стульников. // Ленинский путь, 22.07.1989. – Галич: Галичская типография Костромского управления издательств, полиграфии и книжной торговли. – С. 4.
12. Ополовников, А.В. Реставрация памятников народного зодчества / А.В. Ополовников. – М.: Стройиздат, 1974. – 391 с.
13. Пиляк, С.А. Ярусная часовня с берегов Ветлуги. Деревня Притыкино / С.А. Пиляк // Художественно-этнографический журнал «Костромская слобода». – Кострома: Издательский проект Костромского архитектурно-этнографического и ландшафтного музея-заповедника «Костромская слобода». – 2015. – № 1. – С. 11–13.
14. Пиляк, С.А. Архетипы ярусных храмов Поветлужья / С.А. Пиляк // Костромской гуманитарный вестник: рецензируемый периодический научный журнал / Костромской государственный технологический университет. – Кострома: Изд-во КГТУ, 2014. – № 1(7). – С. 49–53.
15. Пиляк, С.А. К вопросу о датировке деревянного храма во имя Святителей Василия Великого и Николая Чудотворца в селе Шохна / С.А. Пиляк // Деревянное зодчество. Вып. 4. Новые материалы и открытия: сборник научных статей / НИИ теории и истории архитектуры и градостроительства. – М.; СПб.: Коло, 2015. – 352 с. – С. 197-207.
16. Пиляк, С.А. Памятники деревянного зодчества Костромского региона: методические указания по проведению экскурсии по экспозиции «Православные святыни» / С.А. Пиляк. – Кострома: Издательский проект музея-заповедника «Костромская слобода», 2015. – 56 с.
17. Пиляк, С.А. Деревянные храмы северо-западного района Ивановской области / С.А. Пиляк // Информационная среда ВУЗа: материалы XXI Международной научно-технической конференции. – Иваново: Ивановский государственный политехнический университет, 2014. – С. 464-477.

References

1. De Rochefort, N.I. Illustrated fixed regulation / N.I. De Rochefort. – SPb.: Warehouse publications of K.L. Rikker, 1916. – P. 694.
2. Suslov, V.V. Essays on the history of ancient Russian architecture / V.V. Suslov. – SPb.: Printing House Of A. B. Marx. 1889. – P. 124.
3. PSRL, vol. XXIV.
4. The monuments of the Kostroma region. Directory. Edition III. Galych. Galich district / under. ed I.Y. Kondratieva and E.G. Sobolevoy. – Kostroma: research and production center on protection and use of monuments of history and culture, 2001. – P. 399.
5. Konopatov, S.N. Historic towns and villages of the Kostroma region / S.N. Konopatov. – Kostroma: The Committee on the protection and use of historical and cultural heritage of the Kostroma region administration, 2004. – P. 222.
6. Voytyuk, T.V. Pimpage. Local history collection. «Vetluga side» Edition III / T.V. Voytyuk. – Kostroma: Publisher «Dear», 1997-1998. – P.190.
7. The monuments of the Kostroma region. Directory. Edition VII. Vokhonsky district. October area. Pavinski district. Ponaзыrevskogo district. Pyschyug district. Sharya district /

under ed I.Y. Kondratieva and E.G. Sobolevoy. –Kostroma: Committee on the protection and use of historical and cultural heritage, -Kostroma: 2005. – P. 183.

8. Dal, L.V. Ancient wooden churches in Russia / L.V. Dal // Architect. – St. Petersburg, 1875. – No. 6. – P. 78–79.

9. Zabello, S.Ya. Russian wooden architecture / S.Ya. Zabello, V.N. Ivanov, P.N. Maximov. – M.: Publishing house Acad. of architecture of the USSR, 1942. – P. 74.

10. Opolovnikov, A.V. Russian wooden architecture / A.V. Opolovnikov. –M.: Art, 1986. – P. 311.

11. Smolnikov, A. From the history of Russian wooden architecture / A. Smolnikov. // Leninist way, 22.07.1989 G. – Galich: Galich typography Kostroma management publishing, printing and book trade. – P. 4.

12. Opolovnikov A.V. Restoration of monuments of folk architecture / A.V. Opolovnikov. – M.: Stroiizdat, 1974. – P. 391.

13. Pilyak, S.A. Tiered chapel on the banks of the Vetluga. The village of Pritykina / S.A. Pilyak // Artistic-ethnographic journal Kostromskaya Sloboda. – Kostroma: Publishing project Kostroma architectural-ethnographic and landscape Museum-reserve Kostromskaya Sloboda, 2015. – No. 1. – P.11-13.

14. Pilyak, S.A. Archetypes tiered temples of Povelja / S.A. Pilyak // Kostroma humanitarian Bulletin: reviewed periodical scientific journal / Kostroma state technological University. – Kostroma : Publishing house KSTU, 2014. – № 1(7). – P. 49–53.

15. Pilyak, S.A. To the question of the dating of the wooden church name of Saints Basil the Great and St. Nicholas in the village Sohna / S.A. Pilyak // Wooden architecture. Vol. 4. New materials and discoveries: collection of articles / Institute of theory and history of architecture and urban planning. – Moscow; St. Petersburg : Kolo, 2015. – 352 p. – P. 197–207.

16. Pilyak, S.A. Monuments of wooden architecture of the Kostroma region. Guidelines for conducting tours of the exhibition «Orthodox shrines» / S.A. Pilyak. – Kostroma: Publishing project of the Museum-reserve Kostromskaya Sloboda, 2015. –P. 56, ill.

17. Pilyak S.A. Wooden churches of the Northwest district of the Ivanovo area / S.A. Pilyak // Information environment of University. The XXI International scientific and technical conference. – Ivanovo: Ivanovo state polytechnical University, 2014. – P. 464–477.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ECONOMICS AND MANAGEMENT

УДК 378

*Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Данилов Александр Максимович,
доктор технических наук, профессор,
советник РААСН, зав. кафедрой
«Математика и математическое
моделирование»
E-mail: fmatem@pguas.ru

Гарькина Ирина Александровна,
доктор технических наук, профессор
кафедры «Математика и математическое
моделирование».
E-mail: fmatem@pguas.ru

Киселев Артем Анатольевич,
аспирант
E-mail: fmatem@pguas.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Danilov Alexander Maksimovich,
Doctor of Sciences, Professor, Adviser of the
Russian Academy of Architectural and
Construction Sciences, Head of the department
«Mathematics and Mathematical Modeling»
E-mail: fmatem@pguas.ru

Garkina Irina Aleksandrovna,
Doctor of Sciences, Professor
of the department «Mathematics
and Mathematical Modeling»
E-mail: fmatem@pguas.ru

Kiselev Artem Anatolievich,
Postgraduate student
E-mail: fmatem@pguas.ru

ВУЗ КАК СИСТЕМА

А.М. Данилов, И.А. Гарькина, А.А. Киселев

Рассматриваются вопросы оптимизации образовательной системы с позиций системного анализа. В качестве иллюстрации приводятся некоторые аспекты учебно-образовательной деятельности на примере Пензенского государственного университета архитектуры и строительства.

Ключевые слова: система, высшее учебное заведение, оптимизация деятельности, системный подход, качество образования

INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION AS A SYSTEM

A.M. Danilov, I.A. Garkina, A.A. Kiselev

From the position of system analysis the optimization of the educational system are discussed. As an illustration some aspects of the training and educational activities on the example of Penza State University of Architecture and Construction are given

Keywords: system, institution of higher education, optimization of operations, system approach, the quality of education

В последнее время на всех уровнях власти все более сильный прагматический упор делается на внедрение старых достижений теорий с целью скорейшего получения прибыли. Однако исчерпание без восполнения ресурсов теории чревато тяжелыми последствиями (особенно при управлении очень сложными и глобально распреде-

ленными системами). Для выхода из неблагоприятных ситуаций развития мира и его компонент необходимы новые фундаментальные открытия, что невозможно без специалистов, владеющих всей гаммой фундаментальных знаний в области сложных абстрактных (математических) понятий весьма высокого уровня (Стив Хоукинг). Не случайны усилия по осмыслению достижений современной математики и теоретической физики путем их сопоставления с современным состоянием кибернетики и перенесения в нее этих достижений («Принцип (закон) 100 % эффективности математики» [1]). Очевидно, нельзя серьезно говорить о качестве образования без существенного повышения уровня фундаментальной подготовки выпускников вузов.

Сейчас наблюдается устойчивый тренд к постиндустриальному обществу в глобальных размерах: все системы сильно усложнились; появились мощные усилители энергетических и информационных процессов (большие коэффициенты усиления системы способствуют ее неустойчивости). В этих условиях необходим учет взаимоотношений между постиндустриализацией, глобализацией, цивилизацией, культурой, образованием, воспитанием. В соответствии с [1] («...все существующие в мире структуры поддерживаются (сохраняются) пока и поскольку их поддерживают (сохраняют) соответствующие им регуляторы обратной связи, при этом наблюдаемые флуктуации (присущие всем величинам) есть не что иное, как ошибки этого регулирования») порядок надо не наводить, а поддерживать путем постоянного (перманентного) регулирования (управления).

Повышение качества образования возможно лишь на основе использования системных методологий [2,3]. Качество обучения, образование и творчество с позиций оптимизации нельзя рассматривать без их единства.

Объяснить явления окружающего мира, открыть новые явления, разработать теории, которые могут быть непосредственно использованы людьми для развития новых теорий и для будущей практической деятельности, есть основная цель науки. Другими словами, сделать абсолютно ясным то, что было неясным и неизвестным и представить результаты исследований в виде хорошо формализованных знаний. Возможно для ученых, как и для творческих работников, процесс научного поиска и творчества является жизненной потребностью. Научные работники всегда знают, для чего проводится тот или иной поиск (для творческих работников вопрос «Для чего?» – вторичный). Цель научных работников – достигнуть максимального правдоподобия между научными результатами и реальными явлениями (полная идентичность произведения искусства реальной жизни вызвала бы чувство разочарования, как фотография для документа). Напрашивается приближенная (возможно весьма неточная) аппроксимация: логика – для науки, эмоции – для искусства [4]. В качестве начального пункта на пути к новому знанию используются модели (как аксиомы). Иногда аксиомы заводят исследователя в тупик. Не случайно Мандельштам заметил: «Будьте осторожны. Ваша модель может отомстить за себя». Или Б. Рассел: «Звучит курьезно, когда человек с улицы доверяет науке, в то время как человек из лаборатории теряет веру в нее».

Высокий уровень ученого определяется его способностью к глубокой и полной обработке информации, намного превосходящей способности других людей (обладали все, вошедшие в историю науки). Однако их достижения в науке никак не следуют из существующих аксиом (законов) и не могут быть получены с помощью формальных логических рассуждений. Это все можно рассматривать как развернутый эпиграф к комплексу обсуждаемых вопросов о качестве и оптимизации образования.

Нет необходимости рассуждать о *связи (полнейшей) качества образования и методики обучения*. К сожалению, наблюдается существенное ухудшение кадрового обеспечения науки, промышленности и других сфер. Как многократно отмечал академик В.И. Арнольд, в том числе на парламентских слушаниях в Государственной думе, *без науки нет производства, без производства – нет науки; задача государства – разрешить этот порочный круг*. Падение престижа фундаментальных исследований не стимулирует приток в науку молодых специалистов. Необходимы скоординированные коллективные действия по оптимизации всей структуры и деятельности образовательной системы. В качестве основной задачи можно рассматривать адапта-

цию системы образования к условиям существующей рыночной среды с сохранением имеющихся достижений. Известно, что цикл подготовки профессионала из молодого специалиста в рамках определенной научной школы (наличие школы обязательно) составляет 7-12 лет. Наиболее острой проблемой является *резкое уменьшение числа молодых специалистов, желающих заниматься теоретическими исследованиями*. В кадровом обеспечении теоретического уровня практически отсутствует поколение 30-летних высококвалифицированных специалистов.

Не затрагивая многих других вопросов повышения качества, рассмотрим *некоторые существующие подходы к оценке и созданию системы качества образования*. При исследовании последней, как и любой системы, наиболее важным этапом является идентификация основных ее составляющих – организационной структуры (реально сложившейся, а не нормативной – по положению об организации, штатному расписанию и т.д.), процедур функционирования, методов стимулирования и т.д. Применение формальных методов при моделировании и идентификации затрудняется существенной и сложной динамикой, непрозрачными отношениями в коллективе, что ограничивает возможность получения объективных данных об исследуемой системе. Основной становится экспертная информация. Наиболее перспективными являются концепция и методы многовариантной коллективной экспертизы: методика формирования экспертных комиссий (формирование списка кандидатов в эксперты; выявление существенно различных точек зрения и классификация экспертов, а также групп неконфликтующих экспертов; оценка их условной компетенции; формирование экспертных комиссий); методы работы экспертных комиссий. Эта методология прошла многочисленную апробацию в системах здравоохранения, регионального пассажирского автотранспорта, межбюджетных отношений федерального центра и субъекта РФ и оплаты труда в бюджетной сфере.

При системном управлении качеством подготовки специалистов в вузах приоритетным является *востребованность выпускников на рынке труда*. Естественно, образовательные услуги должны отвечать современным потребностям в сфере будущей деятельности выпускников по избранной специальности, а также удовлетворять требованиям как обучающегося, так и работодателя и соответствовать государственным образовательным стандартам; не противоречить действующему законодательству и иным нормам современного общества. Цены образовательных услуг должны быть конкурентоспособными.

Не стоит в стороне от разработки систем качества в образовательной среде и Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. В течение ряда лет здесь работает система рейтинговой оценки деятельности профессорско-преподавательского состава кафедр, факультетов, институтов. Она позволяет оценить вклад каждого преподавателя и структурного подразделения в повышение рейтинга вуза и качества образования в целом. При выборе весовых констант учитываются финансирование фундаментальных исследований, необходимость подготовки высококвалифицированных специалистов, особенно высшей квалификации. Разработанная система прошла многолетнюю апробацию, подтвердилась эффективность и перспективность ее использования. Дается методика балльно-модульно-рейтинговой оценки знаний студентов (формирует готовность студента к самообразованию). Здесь материал дисциплины разбивается на модули и предусматривается проверка усвоения каждого модуля. Может использоваться широкая шкала оценки знаний. Стимулируется учебная деятельность и систематическая самостоятельная работа студентов в течение каждого семестра, открывается возможность внедрения в процесс обучения здоровой конкуренции. Возможны свободный выбор методики обучения преподавателями, а также участие в формировании бюджета в структурных подразделениях вуза. Для работы в рамках *балльно-модульно-рейтинговой* системы оценки результатов обучения для каждого направления (специальности) разрабатывались:

– программы по каждой дисциплине (указываются трудоемкость, цели освоения дисциплины, условия балльной оценки (в частности, список компетенций));

- материалы для аудиторной работы (тексты лекций, в том числе в электронном виде, программы и планы семинарских занятий, мультимедийное сопровождение аудиторных занятий, раздаточный материал);
- материалы для самостоятельной работы студентов (наборы текстов домашних заданий, материалы самоконтроля по каждой дисциплине, типовые модели рефератов, курсовых работ, эссе и критерии их оценивания);
- учебные электронные материалы в электронной библиотеке вуза;
- материалы для контроля знаний (письменные контрольные задания, письменные и электронные тесты, экзаменационные билеты по каждой дисциплине);
- материалы для работы на практиках (планы и программы проведения практик, формы отчетной документации).

Предполагается многоуровневая система контроля (текущий, итоговый уровень; письменная, устная, автоматизированная и другие формы). Опыт применения *балльно-модульно-рейтинговой* системы в российском высшем образовании и за рубежом показывает, что ее внедрение находит отклик у студентов. Они, даже не имея практики обучения в этих условиях, как правило, к ней быстро адаптируются. Сложнее с профессорско-преподавательским составом: внедрение *балльно-модульно-рейтинговой* системы требует радикального изменения индивидуальных методик работы преподавателей. *При переходе вуза на такую систему обучения резко увеличивается количество контрольных мероприятий (возрастает нагрузка на преподавателей)*. Апробация системы при изучении, в частности, курса математики подтвердила ее эффективность (авторами разработан полный комплект учебно-методической документации для организации учебного процесса).

Таким образом, системный подход является основой формирования нового типа мышления – системного, определяющего содержание, формы и методы обучения; знания, подлежащие усвоению, рассматриваются в единстве с формирующей их деятельностью. Системное мышление позволяет и студенту ориентироваться в нарастающем потоке знаний, дает возможность избирательного выбора знаний и их интеграции для решения проблем в рамках выбранной специальности. Процесс обучения превращается в действительно познавательную деятельность; создаются условия для развития возможностей самообучения и одновременного приобретения разных профессий.

База инженерных знаний в области строительства должна определяться с точки зрения оптимизации фундаментальной и практической подготовки инженера-строителя; должны соблюдаться принципы усиления межпредметных связей, логических взаимосвязей между отдельными дисциплинами в информационном пространстве, а также модульности. Реализация и использование базы инженерных знаний позволит привлечь самих обучающихся к ее расширению и модернизации (в частности, в связи с повышенным интересом студентов к современным компьютерным технологиям). На смену узкому информационному подходу традиционного образования приходит более широкий стратегический подход – личностно-ориентированный. Студент должен не только иметь знания и уметь их применять в выбранной сфере будущей деятельности, но и быть личностью, способной решать поставленные жизнью задачи. Так что *образование преследует цель подготовки специалиста, готового к исследовательской, проектной, организационной, предпринимательской деятельности и должно сопровождаться личностно-развивающим подходом.* Предполагается целенаправленная работа по формированию *готовности студента к самообразованию.*

Развитие технических средств телекоммуникаций и связи, массовое появление мультимедийных компьютеров и технологий, разработка программного обеспечения создают объективные предпосылки для совершенствования образовательных технологий, включая *дистанционное обучение* (при тщательной разработке методов обучения). Подготавливаемые при этом электронные учебно-методические комплексы должны учитывать не только особенности промышленного развития регионов, но и контингент обучающихся в конкретных вузах.

Не вызывает сомнений, что системный подход к обеспечению качества подготовки специалистов позволит выйти на требуемый международным сообществом уровень образовательных услуг [5].

Список литературы

1. Бутковский, А.Г. К философии и методологии проблем управления / А.Г. Бутковский // Пленарные доклады II Международной конференции «Идентификация систем и задачи управления SICPRO'03». – М.: Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, 2003. – С.36–43.
2. Данилов, А.М. Системные методологии в управлении качеством образования / А.М. Данилов, И.А. Гарькина // Педагогика высшей школы и профессионального образования. – 2012. – №1. – С.7–9.
3. Данилов, А.М. Система высшего образования в экономическом развитии страны / А.М. Данилов, И.А. Гарькина // Московское научное обозрение. – 2013. – №6. – С.48–49.
4. Уткин, В.И. Почти серьезный разговор о науке и искусстве / В.И. Уткин // Пленарные доклады IV Международной конференции «Идентификация систем и задачи управления SICPRO'05». – М.: Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, 2005. – С. 64–69.
5. Гарькина, И.А. Системный подход к повышению качества образования / И.А. Гарькина, А.М. Данилов // Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. Серия: Педагогика. Психология. Социальная работа. Ювенология. Социокинетика. – 2013. – Т. 19, № 4. – С. 4–7.

References

1. Butkovskiy, A.G. To the philosophy and methodology of control problems / A.G. Butkovskiy // Plenary Session of the II International Conference «System Identification and Control Problems SICPRO'03». – M.: Institute of Control Sciences named after V.A. Trapeznikov RAS, 2003. – P.36–43.
2. Danilov, A.M. System methodology in quality management education / A.M. Danilov, I.A. Garkina // Pedagogy of higher education and vocational education. – 2012. – №1. – P.7–9.
3. Danilov, A.M. The higher education system in the country's economic development / A.M. Danilov, I.A. Garkina // Moscow scientific review. – 2013. – №6. – P.48–49.
4. Utkin, V.I. Almost a serious conversation about the arts and sciences / V.I. Utkin // Plenary reports of IV International Conference «System Identification and Control Problems SICPRO'05». – M.: Institute of Control Sciences named after V.A.Trapeznikov RAS, 2005. – P. 64–69.
5. Garkina, I.A. A systematic approach to improve the quality of education / I.A. Garkina, A.M. Danilov // Bulletin of Kostroma State University. N.A. Nekrasov. Series: Pedagogy. Psychology. Social work. Juvenology. Sociokinetics. – 2013. – V. 19, № 4. – P. 4–7.

УДК 332.14

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Учаева Татьяна Владимировна,
кандидат экономических наук
доцент кафедры «Экономика, организация
и управление производством»
E-mail: uchaevatv@mail.ru

Минкина Светлана Евгеньевна,
студентка
E-mail: minkina-2010@mail.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Uchaeva Tatiana Vladimirovna,
Candidate of Economics, Associate Professor
of the department «Economics, Organization
and Management»
E-mail: uchaevatv@mail.ru

Minkina Svetlana Evgen'evna,
student
E-mail: minkina-2010@mail.ru

РЕАЛИЗАЦИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ РЕГИОНА НА ПРИМЕРЕ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.В. Учаева, С.Е. Минкина

Приводятся сведения о реализации государственной инновационной политики на примере Пензенской области. Показаны основные меры поддержки инновационной деятельности: нормативная поддержка, создание специализированной инфраструктуры, финансовая поддержка, имущественная и т.д. Статистически показано, что благодаря планомерной политике региональной власти по созданию, развитию и поддержке инновационной деятельности Пензенская область регулярно входит в десятку регионов с высокой инновационной активностью.

Ключевые слова: инновации, региональная инновационная деятельность, инновационная инфраструктура, бизнес-инкубаторы, технопарки, Пензенская область

IMPLEMENTATION OF INNOVATION POLICY IN THE REGION ON THE EXAMPLE OF THE PENZA REGION

T.V. Uchaeva, S.E. Minkina

The article provides information on the implementation of the state innovation policy on the example of the Penza region. The basic measures to support innovation: are regulatory support, creation of specialized infrastructure, financial support, property, etc. Statistics shows that thanks to the systematic policy of the regional authorities on the creation, development and support of innovative activity the Penza region regularly ranked in the top ten regions with high innovative activity.

Keywords: innovation, regional innovation activity, innovative infrastructure, business incubators, technology parks, the Penza region

Россия ставит перед собой амбициозные, но достижимые цели долгосрочного развития, заключающиеся в обеспечении высокого уровня благосостояния населения и закреплении геополитической роли страны как одного из лидеров, определяющих мировую политическую повестку дня. Единственным возможным способом достижения этих целей является переход экономики на инновационную социально ориентированную модель развития [1].

Переход России на инновационный путь развития является стратегической установкой для страны на ближайшее будущее. Во всем мире именно регионы считаются основой формирования инновационной экономики. В этом смысле особое внимание должно быть уделено региональным аспектам развития инноваций.

Инновационная региональная политика строится на инновационной стратегии региона. Она предполагает учет внешних и внутренних факторов воздействия. К внешним факторам можно отнести федеральную инновационную и научно-техническую стратегию и соответствующее законодательство. К внутренним – приоритеты развития территорий, имеющиеся ресурсы и тенденции.

Рассмотрим реализацию инновационной политики региона на примере Пензенской области.

Основным нормативно-правовым актом, регламентирующим инновационную деятельность в Пензенской области, является «Стратегия инновационного развития Пензенской области до 2021 года и прогнозный период до 2030 года», утвержденная распоряжением Правительства Пензенской области от 21.02.2014 № 83 – рП [2].

В основе документа – стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2030 г. Предлагаемая стратегия направлена на развитие имеющегося потенциала Пензенской области и определяет приоритеты и инструменты региональной инновационной политики.

Кроме того, в Пензенской области создаются и другие нормативные акты, направленные на развитие и поддержку инновационной деятельности.

Пензенская область оказалась в числе первопроходцев, формирующих структуру, которая эффективно поддерживает вновь основанные компании, последние, в свою очередь, укрепляют экономику региона, создавая рабочие места, развивая технологии, разрабатывая новые продукты и реализуя их на рынке [3].

Особая роль в развитии инновационной деятельности в Пензенской области отводится созданию инфраструктуры. На сегодняшний день она включает в себя: бизнес-инкубаторы, технопарки, сеть бизнес-ангелов, Пензенский региональный фонд поддержки инноваций, Центры трансферта технологий, Центр коммерциализации технологий, Ассоциацию субъектов инновационного предпринимательства, Пензенский центр коммерциализации нанотехнологий, Центр кластерного развития, Центр инноваций социальной сферы.

Особо стоит отметить, что в Пензенской области самая широкая сеть бизнес-инкубаторов в России: сегодня их количество достигло 37, а число созданных на них рабочих мест составляет 1120 [4].

В результате планомерной работы по развитию инновационной деятельности Пензенская область регулярно входит в десятку регионов с высокой инновационной активностью.

К настоящему времени число инновационных организаций в Пензенской области, демонстрирующих динамичное развитие, составляет 79 единиц, или 15,6 % от числа обследованных (в 2012 – 55 и 11,4 %, соответственно) (рис. 1) [5]. Из них технологические инновации осуществляли 74 организации (14,6 % от числа обследованных), маркетинговые – 21 (4,1 %) , организационные – 19 (3,7 %) (рис. 2). Затраты на технологические, маркетинговые и организационные инновации в организациях Пензенской области в 2013 году представлены на рис. 3.

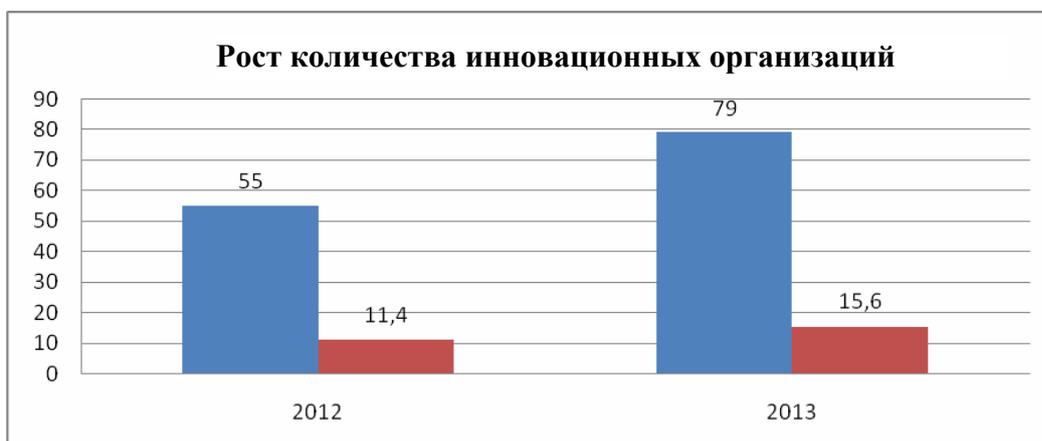


Рис. 1. Динамика роста количества инновационных организаций в Пензенской области за 2012-2013 годы

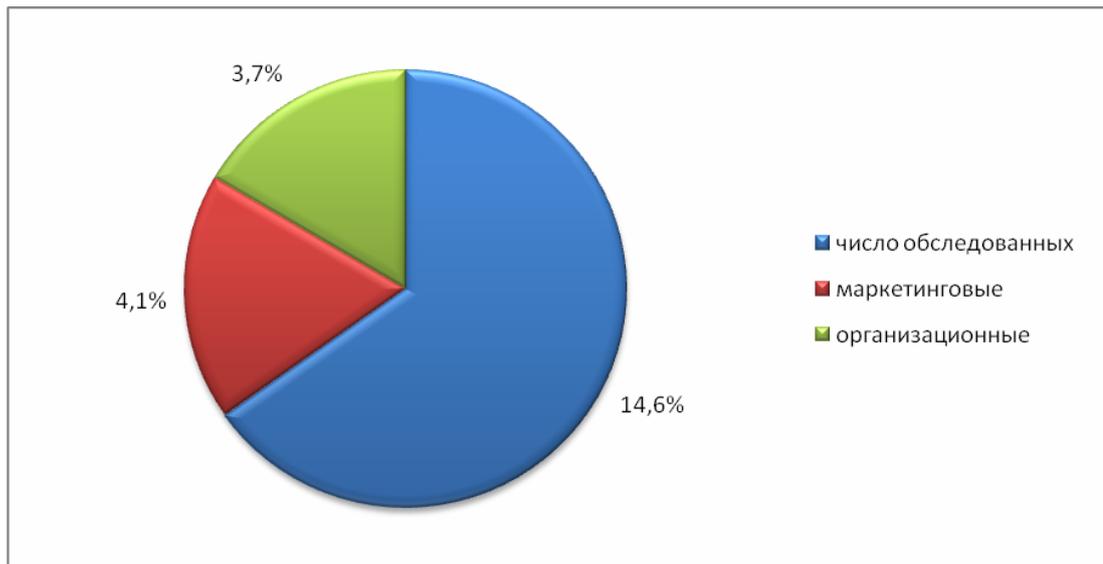


Рис. 2. Структура инновационных организаций по видам деятельности в 2013 году

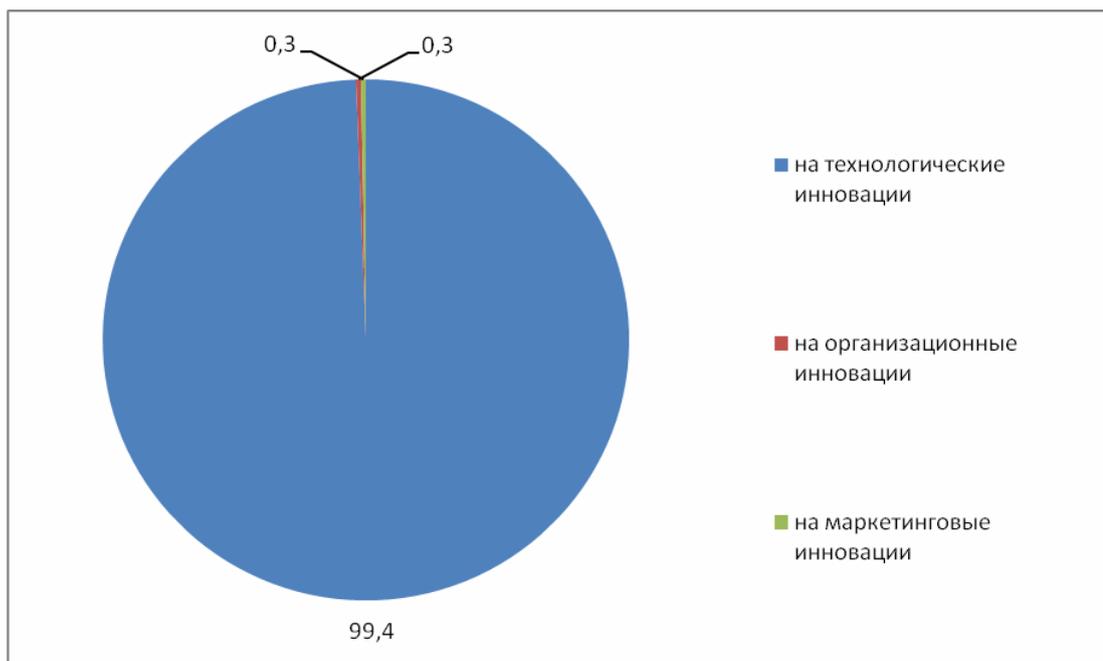


Рис. 3. Затраты на технологические, маркетинговые и организационные инновации в организациях Пензенской области в 2013 году

Наиболее существенными технологическими инновациями, а также организационно-управленческими новшествами за последние три года являлись: установка плазменной очистки и активации поверхности кремниевых, керамических, стеклянных деталей; комплекс аппаратно-программной системы контроля за тепловыми перемещениями трубопроводов; разработка распределительного устройства для пожаротушения; конструкции прямооточных обратных клапанов для газопроводов; модернизация шаровых кранов для магистральных газопроводов; раствор для внутримышечного введения триналгина; создание ролика-раскатки и резцов для металлообработки; технология изготовления деталей методом фрезерования на оборудовании с ЧПУ; внедрение технологий сверления печатных плат с функцией оптического анализа слоев; освоение вакуумного листа стальных и алюминиевых корпусных деталей для

наземной и бортовой аппаратуры; создание газоанализатора-сигнализатора СЕНС–СГ; экологическое нанесение лакокрасочного покрытия; совершенствование маркетинговой стратегии, ориентированной на расширение состава потребителей; формирование технологий профессионального отбора и командообразования, другие виды инновации.

Несмотря на положительные тенденции развития инновационной деятельности на территории Пензенской области, существует и ряд проблем.

Процедура функционирования организаций инновационной инфраструктуры недостаточно отработана, не отлажены механизмы взаимодействия между ними, имеется дефицит специалистов в сфере коммерциализации разработок. На территории области пока не созданы в достаточном объеме необходимые условия для производства новой наукоемкой продукции и услуг, эффективного внедрения научных разработок.

Стоит также отметить, что инновационное развитие экономики Пензенской области направлено на развитие мероприятий отдельных региональных программ, основной упор в которых делается на создание новой импортозамещающей и экспортоориентированной наукоемкой и высокотехнологичной продукции.

Одним из основных направлений деятельности Министерства промышленности, развития предпринимательства, инновационной политики и информатизации Пензенской области является развитие и поддержка инновационной деятельности. С этой целью разработана и действует региональная программа «Развитие инвестиционного потенциала, инновационной деятельности и предпринимательства в Пензенской области на 2014–2020 годы», утвержденная Постановлением Правительства Пензенской области от 21 октября 2013 года № 780-пП [6].

Для решения вышеуказанных проблем программой предусматривается: создание и развитие региональной инфраструктуры поддержки инновационной деятельности; развитие кадрового потенциала для инновационной деятельности; создание финансовых рычагов и стимулов развития инновационной деятельности; создание и развитие системы информационной поддержки всех этапов инновационной деятельности; позиционирование Пензенской области как региона перспективного инновационного развития.

Реализация программных мероприятий позволит ускорить дальнейшее комплексное развитие инновационной деятельности в регионе, вывод на рынок конкурентоспособной инновационной продукции, создаваемой в области и т.д.

Все это будет способствовать созданию основы для значительного экономического роста в регионе, развития науки, образования, культуры и повышения качества жизни населения.

Список литературы

1. «Стратегия инновационного развития РФ на период до 2020 года» от 8 декабря 2011 года № №2227-р, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации.
2. «Стратегия инновационного развития Пензенской области до 2021 года и прогнозный период до 2030 года», утвержденная распоряжением Правительства Пензенской области от 21.02.2014 № 83 – рП.
3. Портал инноваторов Пензенской области. –URL: <http://inno-terra.ru>.
4. Учаева, Т.В. Инвестиционная политика Пензенской области и ее реализация / Т.В. Учаева, К.И. Старостина // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. –URL: www.science-education.ru/120-16778 (дата обращения: 05.01.2015)
5. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики по Пензенской области. – URL: <http://pnz.gks.ru/>
6. Постановление Правительства Пензенской области от 21 октября 2013 года № 780-пП «Об утверждении государственной программы «Развитие инвестиционного

потенциала, инновационной деятельности и предпринимательства в Пензенской области на 2014–2020 годы»».

References

1. «The strategy of innovative development of Russia till 2020» on December 8, 2011 № №2227-р, approved by the Federal Government.
2. «The strategy of innovative development of the Penza region 2021 and forecast period till 2030», approved by order of the Government of the Penza region of 21.02.2014 № 83 – Pn.
3. Portal of innovators of the Penza region. – URL: <http://inno-terra.ru>.
4. Uchaeva, T.V. The investment policy of the Penza region and its implementation / T.V. Uchaeva, K.I. Starostin // Modern problems of science and education. – 2014. – № 6. – URL: www.science-education.ru/120-16778 (date of treatment: 01/05/2015)
5. The official website of the Federal State Statistics Service of the Penza region. – URL: <http://pnz.gks.ru/>
6. Resolution of the Government of the Penza region on October 21, 2013 № 780-PP «On approval of the state program «Development of investment potential, innovation and entrepreneurship in the Penza region in 2014-2020»».

Пензенский государственный университет
Россия, 440026, г. Пенза,
ул. Красная, д. 40,
тел.: (8412) 36-82-13

Некрылова Нина Валерьевна,
старший преподаватель кафедры
«Экономика и финансы»
E-mail: nina-nekrylova@yandex.ru

*Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства*
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Чиркина Марина Александровна,
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Информационно-
вычислительные системы»
E-mail: chm77@mail.ru

Penza State University
Россия, 440026, г. Пенза, 40, Krasnaya St.,
tel.: (8412) 36-82-13

Nekrylova Nina Valerievna,
Assistant Professor of the department
«Economic and Finances»
E-mail: nina-nekrylova@yandex.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*
Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Chirkina Marina Aleksandrovna,
Candidate, Assistant Professor of the
department «Information Computer systems»
E-mail: chm77@mail.ru

ИНТЕГРИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ РЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В ПРОЦЕССНУЮ СРЕДУ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Н.В. Некрылова, М.А. Чиркина

Рассмотрен контур управления риском ресурсного обеспечения бизнес-процессов промышленного предприятия. Представлена схема функционирования бизнес-процесса управления риском ресурсного обеспечения. Предложены показатели оценки результативности и эффективности бизнес-процесса управления риском ресурсного обеспечения на основе построения и анализа денежных потоков.

Ключевые слова: риск ресурсного обеспечения, результативность бизнес-процесса, операционные и инвестиционные затраты, эффективность бизнес-процесса

RISK MANAGEMENT INTEGRATION OF RESOUCESUPPORT OF BUSINESS PROCESSES IN THE PROCESS FIELD OF MANUFACTURING PLANT

N.V. Nekrylova, M.A. Chirkina

The scheme of risk management of business processes resource support at a manufacturing plant is shown and functionally filled. The scheme of business-process functioning is shown. Estimates of business process efficiency are set forward on the basis of formation and analysis of money flows.

Keywords: risk of resource support, business process efficiency, operating and investment costs

Последние исследования в области риск-мониторинга отечественного и зарубежного бизнеса, проведенные компаниями «Ernst and Young», «РусРиск», «Marsh Risk Consulting и др., свидетельствуют о повышении значимости составляющих операционного риска. Наибольшее влияние на состояние промышленных предприятий оказывают внутренние технико-производственные риски, реализация которых приводит к росту затрат вследствие потери ресурсов из-за систематических ошибок в бизнес-процессах.

Процессное управление сегодня развивают крупные отечественные предприятия промышленности. Для них характерны значительные и частые потери ресурсов в бизнес-процессах при отсутствии полноценной системы и методического обеспечения

управления рисками таких потерь. В связи с этим возникает необходимость разработки методики управления риском ресурсного обеспечения бизнес-процессов и инструментария сокращения операционных потерь на промышленных предприятиях.

Принципы и инструменты управления операционными рисками изложены в трудах отечественных и зарубежных ученых в области операционного менеджмента и риск-менеджмента. Однако ресурсосбережению как целевому ориентиру в управлении такими рисками уделено недостаточно внимания. Поэтому выделена такая составляющая операционного риска, как риск ресурсного обеспечения бизнес-процессов (РРОБП). РРОБП – это операционный риск, реализация которого инициируется внутренней или внешней средой предприятия и сопровождается операционными потерями, т.е. потерями экономических ресурсов вследствие нарушения процедурного регламента или методической ошибки бизнес-процессов.

Перспективным способом внедрения управления РРОБП в практику работы процессно-ориентированной организации является представление последнего в виде отдельного бизнес-процесса [1]. Этапы принятия рискованных решений (операции бизнес-процесса) формируют блоки (подпроцессы бизнес-процесса) управления РРОБП, представленные в управленческом контуре (рис. 1). Контур управления РРОБП составлен с учетом требований Стандарта AS/NZS 4360:2004 «Риск-менеджмент» – основы формирования отечественных, национальных и международных стандартов риск-менеджмента [2].

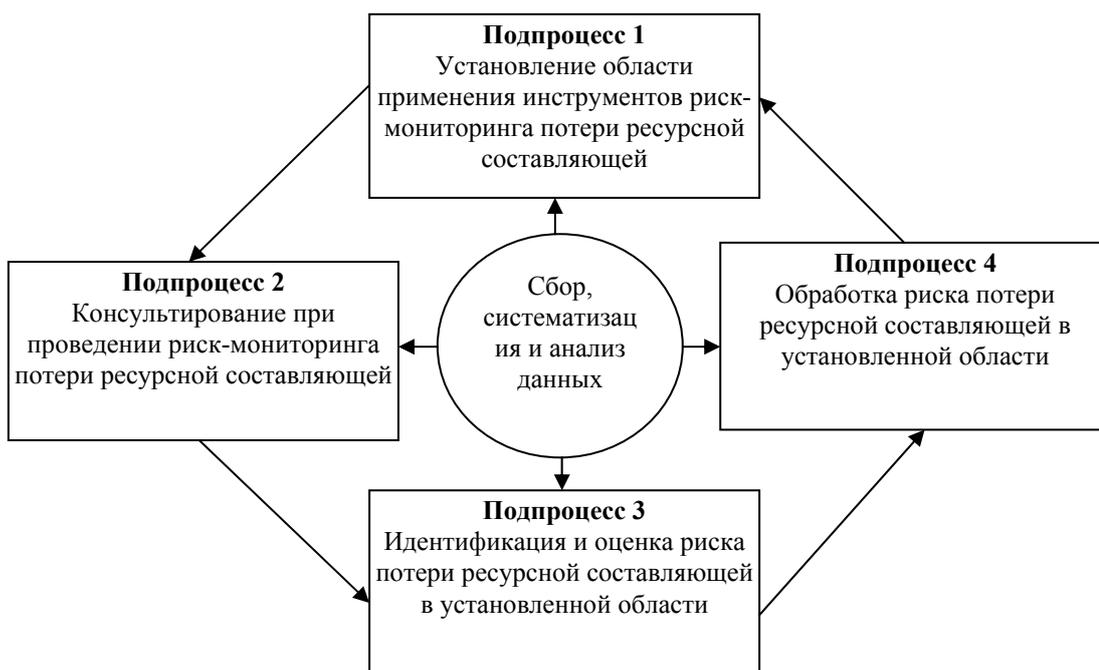


Рис. 1. Контур управления РРОБП промышленных предприятий

Схематическая модель бизнес-процесса управления РРОБП представлена на рис. 2.

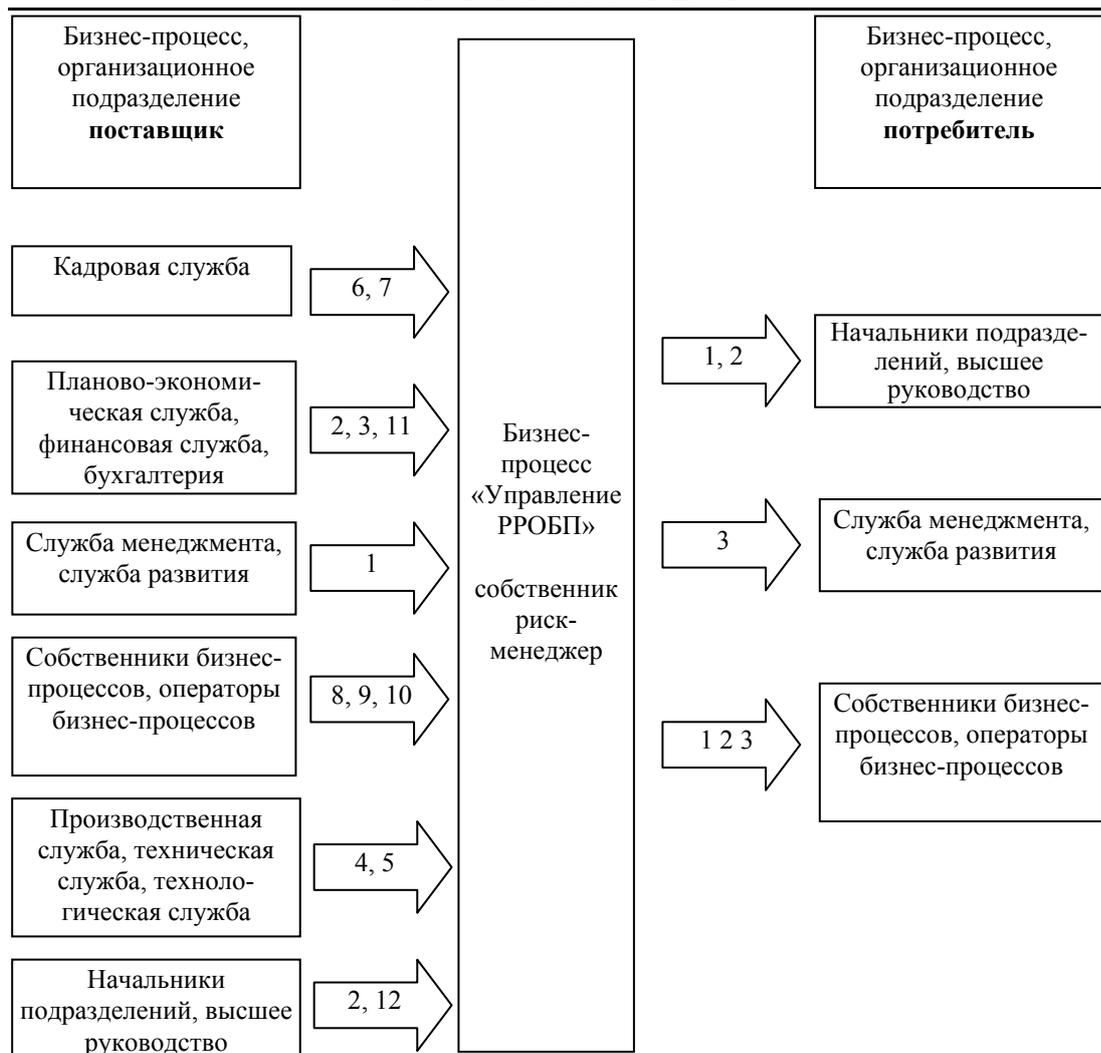


Рис. 2. Схема функционирования бизнес-процесса управления РРОБП

Ниже представлены входы бизнес-процесса управления РРОБП.

1. Фактические / нормативные уровни и динамика показателей результативности / эффективности бизнес-процессов.
2. Базовые / специальные источники компетентности / аргументированности экспертов.
3. Заработная плата сотрудников, занятых в бизнес-процессах.
4. Нормативы потерь ресурса и фактические уровни ресурсного обеспечения в фиксажных точках.
5. Месторасположение и время функционирования фиксажных точек.
6. ФИО, должности, стажи работы, должностные инструкции сотрудников, занятых в бизнес-процессах.
7. Базовые / специальные критерии компетентности / аргументированности сотрудников, занятых в бизнес-процессах.
8. Количественные оценки влияния факторов риска на импульсы риска.
9. Фактические и прогнозные уровни параметров факторов риска потери ресурса.
10. Зоны распределения риска ресурсного обеспечения бизнес-процессов.
11. Стоимостные и временные ограничения при реализации корректирующих бизнес-процессы действий.
12. Комплексная оценка уровней компетентности / аргументированности экспертов.

Аналогично укажем выходы.

1. Корректирующие бизнес-процессы действия, вероятностные, стоимостные и временные параметры их реализации.

2. Прогнозные уровни ресурсных выходов в бизнес-процессах.

3. Прогнозные уровни показателей результативности бизнес-процессов.

Результативность функционирования бизнес-процесса управления РРОБП оценивается по приводимым ниже показателям:

Устранимые потери ресурса в ресурсном потоке:

$$\sum_{i=1}^n (R_{0i} - R_{1i}). \quad (1)$$

Вероятность достижения планируемого выхода ресурса в ресурсном потоке:

$$\prod_{i=1}^n B_i. \quad (2)$$

Рост показателей результативности бизнес-процессов в ресурсном потоке:

$$- \left(\sqrt[n]{\sum_{i=1}^n \frac{R_{1i}}{R_{0i}} \times B_i} - 1 \right) \times 100\%. \quad (3)$$

Эффективность управленческого решения по регулированию взаимодействия бизнес-процессов:

$$\frac{\sum_{i=1}^n (R_{0i} - R_{1i})}{\sum_{i=1}^n Z_i}. \quad (3)$$

Здесь

R_{0i} , R_{1i} – уровень выхода ресурса на i -м бизнес-процессе без и с учетом корректирующего действия соответственно;

n – количество бизнес-процессов, задействованных в ресурсном потоке;

B_i – уровень вероятности достижения выхода ресурса на i -м бизнес-процессе с учетом корректирующего действия;

Z_i – уровень операционных затрат и затрат на реализацию корректирующего действия по устранению потерь ресурса на i -м бизнес-процессе в ресурсном потоке.

Оценивать эффективность функционирования бизнес-процесса управления РРОБП предлагается известными статическими (PP , ARR и др.) и динамическими (NPV , PI , IRR , $MIRR$, DPP и др.) показателями инвестиционного анализа [3].

При построении денежного потока от инвестиционной деятельности используется следующий состав условно инвестиционных затрат:

– затраты на организацию рабочего места риск-менеджера и налаживание коммуникаций;

– затраты по автоматизации алгоритмов операций внедряемого бизнес-процесса;

– затраты по идентификации и описанию экономических ресурсов в соответствии с разработанной классификацией;

– затраты по идентификации и налаживанию функционирования фиксажных точек;

– затраты по идентификации бизнес-процессов и разработке процессного ландшафта организации;

– затраты по разработке карт внедряемого и идентифицированных бизнес-процессов;

- затраты по обеспечению доступа к сведениям о сотрудниках (ФИО, зарплата, стаж, обязанности);
- затраты по идентификации и отбору критериев компетентности / аргументированности сотрудников;
- затраты по выделению зон распределения РРОБП.

Таким образом, денежный поток от инвестиционной деятельности можно представить в виде:

$$ДП_{ид} = ИЗ + КР, \quad (5)$$

где ИЗ – условно инвестиционные затраты; КР – стоимость корректирующего действия разового характера.

Для построения денежного потока от операционной деятельности предлагается учесть следующий состав условно операционных затрат:

- оплата труда риск-менеджера в соответствии с обязанностями по должностной инструкции;
- затраты по аудиту показателей результативности / эффективности бизнес-процессов;
- затраты по обеспечению съема информации с фиксажных точек и нормативам потерь экономических ресурсов;
- затраты по оценке качественного уровня сотрудников по источникам компетентности и аргументированности;
- затраты по идентификации и количественной оценке факторов РРОБП;
- затраты по идентификации, контролю и прогнозированию параметров факторов РРОБП;
- затраты по разработке корректирующих действий, определению стоимости и времени их реализации;
- затраты по установлению стоимостных и временных ограничений на реализацию корректирующих действий;
- затраты, связанные с перестройкой и усовершенствованием внедряемого бизнес-процесса.

Таким образом, денежный поток от операционной деятельности представится в виде:

$$ДП_{од} = СР - КР - ОЗ + А, \quad (6)$$

где СР – устраненные потери ресурса; КР – стоимость корректирующего действия; ОЗ – операционные затраты периодического характера; А – амортизационные отчисления.

Интегрирование разработанного бизнес-процесса управления РРОБП осуществлено в процессную среду отдельных промышленных предприятий Пензенской области; результаты приведены с таблице.

Оценка эффективности и результативности бизнес-процесса управления РРОБП, интегрированного в процессную среду отдельных промышленных предприятий Пензенской области

Показатель	Ед. изм.	КЛВЗ	ОАО «ПТПА»	ОАО «ПАЗ»	ООО «Ладья»
1	2	3	4	5	6
Тип производства	-	массовое	мелко-серийное	крупно-серийное	крупно-серийное
Бизнес-процесс	-	Розлив водок и ЛВИ в стеклотару	Литье корпуса задвижки Dn300	Формовка уплотнительных колец крана шарового Dn15	Штамповка колпачка защитного

1	2	3	4	5	6
Экономический ресурс	-	Водно-спиртовая смесь	Прокат литейный Сталь 09Г2С	Бутадиен-нитрильный каучук	Лист холоднокатаный сталь 20 2500/1250/07
Показатели оценки эффективности функционирования бизнес-процесса управления РРОБП					
NPV	тыс. руб.	468,4	3188,1	112,6	36,2
IRR	%	27,7	43,2	36,8	18,4
PP	лет	2,8	0,03	0,5	1,2
DPP	лет	3,2	0,04	0,6	1,4
PI	-	1,1	7,8	6,7	2,7
Показатели оценки результативности функционирования бизнес-процесса управления РРОБП					
Устранимые потери ресурса в ресурсном потоке	тыс. руб.	114,40	136,52	10,56	7,68
Вероятность достижения выхода ресурса в ресурсном потоке	%	100	100	100	100
Рост показателей результативности бизнес-процессов в ресурсном потоке	%	1,5	0,04	0,09	0,20
Эффективность управленческого решения по регулированию взаимодействия бизнес-процессов	%	113	270	149	124

Как видим, $NPV > 0$; $IRR >$ ставки дисконта (18 %); $PI > 1$; PP и DPP превышают приемлемый срок (5 лет) окупаемости инвестиций.

Наблюдается рост показателей результативности бизнес-процессов в ресурсном потоке.

Управленческие решения по регулированию взаимодействия бизнес-процессов экономически эффективны.

Таким образом, для рассматриваемых предприятий целесообразно внедрение управления РРОБП (независимо от типа и масштаба производства, а также отраслевой принадлежности организаций).

Список литературы

1. Понукалин, А.В. Позиционирование риск-менеджмента как бизнес-процесса в системе управления организации / А.В. Понукалин, Н.В. Некрылова // Перспективы развития экономического и финансового образования в России: материалы междунар. науч.-методич. конф. (Астрахань, октябрь 2013 г.) / под общ. ред. Л.И. Гончаренко. – Астрахань: Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет», 2013. – С. 199–204.

2. Объединенный стандарт Австралии и Новой Зеландии AS/NZS 4360:2004 «Риск-менеджмент». – URL: <http://www.techstreet.com/products/1181581> (16.09.2015 г.).

3. Динамические методы оценки экономической эффективности инвестиционных проектов: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Экономическая оценка инвестиций» / сост. И.Н. Джазовская, А.С. Похвалов. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2004. – 22 с.

References

1. Ponukalin, A.V. Posotoioning of risk management as business process in the system of organization management / A.V. Ponukalin, N.V. Nekrylova // Development prospects of economical and financial education in Russia: Proceedings of International scientific and methodological conference (Astrakhan, October 2013) / endorsed by L.I. Goncharenko. – Astrakhan: Astrakhan State University, Publishing house «Astrakhan University», 2013. – P. 199 – 204.
2. Australia and New Zealand associate standard AS/NZS 4360:2004 «Risk management» – Mode of asses: <http://www.techstreet.com/products/1181581> (16.09.2015 г.).
3. Estimate methods of investment projects risk: methodological regulations for practical courses on the subject «Economical estimate of investments» / prepared by I.N. Jazovskaya, A.S. Pohvalov. – Penza: Publishing house of Penza State University, 2004. – 22 p.