

Министерство образования и науки Российской Федерации

**ВЕСТНИК
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

Выпуск 41(60) **Серия: Строительство и архитектура**
Научно-теоретический и производственно-практический журнал **2015**

Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta
Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura
(Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering
Series: Civil Engineering and Architecture)

Выходит 4 раза в год
Основан в 1999 г.

Волгоград

ВолгГАСУ

С о д е р ж а н и е

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ. ОСНОВАНИЯ, ФУНДАМЕНТЫ,
ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ. МЕХАНИКА ГРУНТОВ

- Богомолов А. Н., Богомолова О. А., Донсков Р. А., Пристансков А. А.** Несущая способность основания системы параллельных заглубленных ленточных фундаментов конечной жесткости 4
- Богомолов А. Н., Олянский Ю. И., Анисимов Л. А., Щекочихина Е. В., Алексеев А. Ф.** Подготовка оснований зданий и сооружений, строящихся на замедленно-просадочных грунтах I и II типа просадочности 14
- Корниенко С. В.** Оценка влажностного режима многослойной ограждающей конструкции с мультizonальной конденсацией влаги 24

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- Жаворонков М. И.** Определение характеристик разрушения и модуля упругости фибробетона 34
- Пантелеев Д. А.** Деформативные и прочностные характеристики полиармированного фибробетона 44

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА,
ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

- Королева Н. А., Фокин В. М., Тарабанов М. Г.** Разработка рекомендаций по устройству энергоэффективных схем систем вентиляции и кондиционирования 53

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

- Калашникова М. С., Сеимова Г. В.** Исследование дисперсного состава пыли, выделяемой при складировании и хранении отходов калийного производства 63

Масляев А. В. Парадигма федеральных законов и нормативных документов РФ для сейсмозащиты зданий повышенной ответственности при землетрясении	74
Петров В. Э. Малоэтажное модульное жилое строительство на основе экологического подхода	85
Петров В. Э. Обеспечение экологической безопасности при строительстве и модернизации жилых зданий	93
Сидельникова О. П., Козлов Ю. Д. Внедрение высоких технологий — эффективный путь решения экологических и экономических проблем промышленности в стране	104
СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА	
Пономаренко С. А. Расчетное обоснование гидродинамического способа гашения колебаний балочных неразрезных мостов	114
Усков Ю. И., Катеринина С. Ю., Катеринина М. А. Матричная форма дискретного аналога обобщенного дифференциального уравнения изогнутой оси одномерного элемента	130
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ	
Алексиков С. В., Алексиков И. С., Карпушко М. О., Беликов Г. И. Оценка эффективности строительства дорожных цементобетонных покрытий в условиях юга России	139
Алексиков С. В., Лищинский С. А. Обоснование ширины проезжей части территориальных дорог при движении по ним большегрузных автомобилей	148
Коростелева Н. В. Анализ основных транспортных проблем Волгограда и пути их решения	158
Фоменко Н. А., Богданов В. И., Бурлаченко О. В., Алексиков С. В. Повышение надежности запорного устройства системы защиты гидропривода строительно-дорожных машин	169
ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	
Киреева Т. В. Архитектура зданий коммерческого образования юга России XIX — начала XX вв.	181
Субботин О. С. Особенности архитектурно-градостроительной культуры ранних городов Черноморского побережья	198
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	
Потокина Т. М., Карпенко А. Г. Адаптация колористики архитектурного пространства к условиям городской среды	212
ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ	
Иванова Н. В., Антонова Н. Н. Организация комплексного озеленения и благоустройства образовательной среды университета в подготовке специалистов-ландшафтников	225

Content

BUILDING STRUCTURES, BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS. BASEMENTS, FOUNDATIONS. UNDERGROUND STRUCTURES. SOIL ENGINEERING

- Bogomolov A. N., Bogomolova O. A., Donskov R. A., Pristanskov A. A.** Bearing capacity of the bases of systems of parallel buried strip foundation of finite rigidity 4
- Bogomolov A. N., Olyanskii Yu. I., Anisimov L. A., Shchekochikhina E. V., Alekseev A. F.** Preparation of the foundation of buildings and constructions built on slow-sagging soils of I and II type of subsidence 14
- Kornienko S. V.** Assessment of moisture conditions of a multi-layered building envelope with multi-zone moisture condensation 24

BUILDING MATERIALS AND ARTICLES

- Zhavoronkov M. I.** Determination of characteristics of the destruction and modulus of elasticity of fiber-reinforced concrete 34
- Panteleev D. A.** Nonrigid and strength characteristics of polyreinforced fiber concrete 44

HEAT SUPPLY, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND ILLUMINATION

- Koroleva N. A., Fokin V. M., Tarabanov M. G.** Development of recommendations on the design of energy efficient schemes of ventilation and air conditioning 53

ENVIRONMENTAL ISSUES IN URBAN PLANNING

- Kalashnikova M. S., Seimova G. V.** The study of disperse composition of dust emitted during storage of wastes of potassium production 63
- Maslyaev A. V.** Paradigm of Federal laws and normative documents of the Russian Federation for earthquake protection of buildings of enhanced responsibility at earthquake 74
- Petrov V. E.** Low-rise unit residential construction based on environmental approach 85
- Petrov V. E.** Assurance of environmental safety at construction and modernization of residential buildings 93
- Sidelnikova O. P., Kozlov Yu. D.** Implementation of high technology — effective way to solve environmental and economic problems in the industrial sector of any country 104

STRUCTURAL MECHANICS

- Ponomarenko S. A.** Design-basis justification of hydrodynamic way of oscillation damping of continuous girder bridges 114
- Uskov Yu. I., Katerinina S. Yu., Katerinina M. A.** Matrix form of discrete analogue of generalized differential equation of curved axis of one-dimensional element 130

DESIGN, CONSTRUCTION AND MAINTENANCE OF HIGHWAYS, SUBWAYS, AERODROMES, BRIDGES AND TRAFFIC TUNNELS

- Aleksikov S. V., Aleksikov I. S., Karpushko M. O., Belikov G. I.** Evaluation of the effectiveness of concrete road construction in the southern areas of Russia 139
- Aleksikov S. V., Lishchinskii S. A.** Grounding of the width of the carriageway of the territorial roads taking into account heavy vehicles 148
- Korosteleva N. V.** Analysis of major transport problems in Volgograd city and their solutions 158
- Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Burlachenko O. V., Aleksikov S. V.** Reliability improvement of the locking structure of the protection system of hydraulic gear of construction and road cars 169

THEORY AND HISTORY OF ARCHITECTURE, RESTORATION AND RECONSTRUCTION OF HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE

- Kireeva T. V.** Architecture of buildings of commercial education in the south of Russia in XIX — beginning of XX centuries 181
- Subbotin O. S.** Peculiarities of architectural and town planning culture of the ancient towns of the Black sea coast 198

GENERAL ARCHITECTURE

- Potokina T. M., Karpenko A. G.** Adjustment of colouristics of the architectural space to the urban environment 212

ORGANIZATION OF HIGHER EDUCATION IN FIELD OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE

- Ivanova N. V., Antonova N. N.** Actual directions of complex landscape-architectural formation of the educational environment of universities preparing specialists in landscape design 225

УДК 624.131

А. Н. Богомолов^{а,б}, О. А. Богомолова^а, Р. А. Донсков^а, А. А. Пристансков^а

^а *Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет*

^б *Пермский национальный исследовательский политехнический университет*

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ОСНОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЗАГЛУБЛЕННЫХ ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ КОНЕЧНОЙ ЖЕСТКОСТИ

Приведены результаты вычисления величин предельно допустимой нагрузки на связанное основание системы абсолютно гибких и жестких заглубленных ленточных фундаментов. Установлено, что на величину предельно допустимой нагрузки оказывают влияние физико-механические свойства грунта, жесткость фундамента, расстояние между фундаментами и их количество в системе. Приведены графические интерпретации полученных зависимостей, поставлены задачи дальнейших исследований.

Ключевые слова: система заглубленных ленточных фундаментов, геометрические параметры системы фундаментов, физико-механические свойства грунтов, графические зависимости величин предельной нагрузки от расчетных параметров, задачи исследований.

Определения. В строительной практике находят широкое применение прерывистые ленточные фундаменты и так называемые системы, или группы, ленточных фундаментов.

Прерывистые ленточные фундаменты представляют собой прямой ряд последовательно расположенных прямоугольных железобетонных (сборных или монолитных) элементов, отстоящих друг от друга на определенном расстоянии. В связи с этим решение задачи о несущей способности прерывистого фундамента в плоской постановке носит в некоторой степени условный характер.

Изучению вопросов работы системы «прерывистый фундамент — грунтовое основание» посвящены работы Е. Ф. Винокурова, А. В. Пилягина, Е. А. Сорочана, М. И. Фидарова и других исследователей.

Особо следует отметить работы Е. А. Сорочана [1, 2], где показано, что площадь прерывистого фундамента, осадка которого равна осадке ленточного фундамента, меньше его площади, а давление по подошве, напротив, больше. Это обстоятельство приводит при прочих равных условиях к опережающему появлению зон предельного состояния грунта в активной зоне прерывистого фундамента и к нелинейному ее деформированию.

Система параллельных ленточных фундаментов — это группа параллельно расположенных на определенном расстоянии друг от друга прямоугольных фундаментов, чья длина во много раз превышает ширину, что позволяет решать задачу о несущей способности основания таких фундаментов в плоской постановке. Исходя из этого определения систему параллельных фундаментов нередко называют «периодическим фундаментом».

Некоторые известные решения. Задача о действии периодических нагрузок на основание исследовалась многими учеными. Например, С. С. Давыдовым [3] эта задача решена для слоя конечной толщины на основе использования рядов Фурье. При этом решение представлено суммой бесконечного тригонометрического ряда, что и предполагает периодичность.

В работе М. Л. Холмянского [4] приведено решение «периодической» задачи при условии, что с грунтовым основанием взаимодействует несколько одинаковых конструкций: ленточные фундаменты, воспринимающие вертикальную нагрузку, или сваи, воспринимающие горизонтальные усилия. Формально автором решена «периодическая» задача о действии равномерной нагрузки p на участках $nd-1 < x < nd+1$ границы нижней полуплоскости $ImY < 0$ (рис. 1, а). Формулы, определяющие численные значения компонент напряжения, получены при использовании методов теории функций комплексного переменного Колосова — Мусхелишвили [5]. Однако автору пришлось провести корректировку решения, т. к. оно соответствует условию гидростатического распределения напряжений от сил гравитации (коэффициент бокового давления грунта $\xi_0 = 1$).

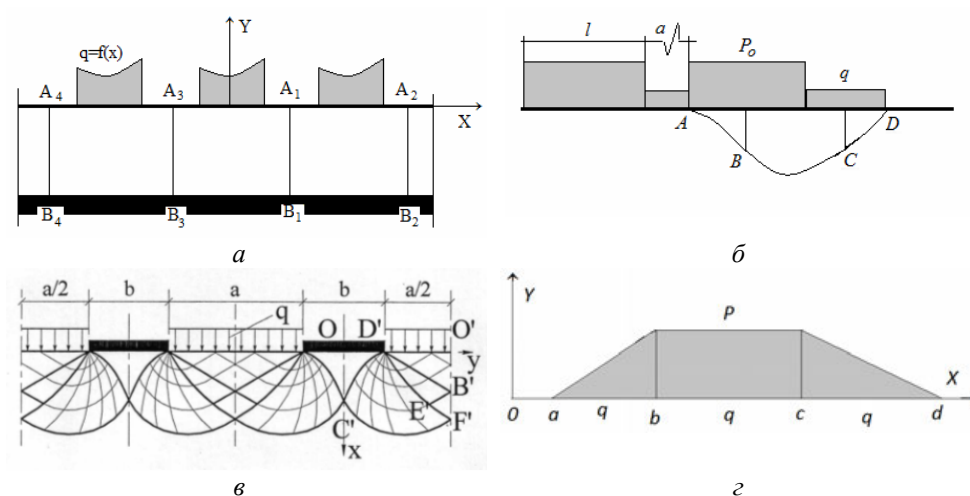


Рис. 1. Фрагменты расчетных схем к задачам М. Л. Холмянского [4] (а), В. Г. Федоровского [6] (б), К. В. Королева [7] (в) при решении задач о несущей способности основания «периодического» фундамента и А. Н. Богомолова [8—12] (г) при решении задач о напряженном состоянии основания от действия «периодической» нагрузки

В работе [6] рассмотрена задача теории предельного равновесия грунта от давления бесконечного «периодического» ряда ленточных фундаментов (штампов) на невесомое ($\gamma = 0$) идеально связное ($\varphi = 0$) основание. В результате предложены формулы для определения предельно допустимого давления на грунт и минимального расстояния между фундаментами (штампами), при котором не происходит продавливания грунта между ними (см. расчетную схему на рис. 1, б).

В работе [7] представлены результаты «строгих» решений задач теории предельного равновесия грунта об определении величины максимально возможного давления на основание группы фундаментов, включающей два, три и произвольное количество последних (см. расчетную схему на рис. 1, в). В качестве параметра, характеризующего относительное расположение фундаментов, принят параметр $\eta = a/l$ (l — протяженность призмы выпора изолированного штампа шириной b , отыскиваемая из решения задачи Прандтля,

полученного М. В. Малышевым [13] и Ю. И. Соловьевым [14] для общего случая весомого сыпучего основания; a — расстояние между штампами).

Аналитические решения задач о напряженном состоянии основания, находящегося под действием системы полосовых произвольным образом ориентированных нагрузок, интенсивность которых меняется по кусочно-линейному закону, приведены в работах [8—12] (см. расчетную схему на рис. 1, z).

Известен ряд решений и других авторов.

К недостаткам анонсированных решений следует отнести то, что рассматривается невесомый грунт, который не всегда наделяется внутренним трением или сцеплением, не учитывается глубина заложения фундамента, в расчет не принимается величина коэффициента бокового давления грунта ξ_0 и т. д.

Подход к решению задачи. Избежать этих и других недостатков, а также уменьшить количество принимаемых допущений позволяет, по нашему мнению, подход, при котором для определения полей напряжений в грунтовом массиве используется метод конечных элементов, а для определения величин предельно допустимых нагрузок используется известное положение о том, что нагрузка на основание достигает своего предельного значения в момент, когда происходит смыкание областей предельного состояния грунта под подошвой фундамента. Для определения положения и формы предельных областей в первом приближении используют условие прочности Кулона [15], которое можно записать в виде

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_1 - \sigma_2 = (\sigma_1 + \sigma_2 + 2\sigma_{св}) \sin \varphi, \\ \text{или} \\ (\sigma_x - \sigma_z)^2 + 4\tau_{xz}^2 = (\sigma_x + \sigma_z + 2\sigma_{св})^2 \sin^2 \varphi, \\ \text{или} \\ \operatorname{tg} \theta_{\max} = \operatorname{tg} \varphi, \end{array} \right\} \quad (1)$$

где σ_1 и σ_2 — безразмерные (в долях γH_3) главные нормальные напряжения в рассматриваемой точке; σ_x ; σ_z и τ_{xz} — безразмерные (в долях γH_3) компоненты полного напряжения в той же точке; $\sigma_{св} = C \operatorname{ctg} \varphi$ — давление связности; C , φ и θ_{\max} — соответственно сцепление, угол внутреннего трения грунта и угол максимального отклонения; H_3 — глубина заложения фундамента.

При проведении вычислений использована компьютерная программа «Устойчивость. Напряженное состояние», которая разработана в Волгоградском государственном архитектурно-строительном университете [16].

Некоторые результаты. Ниже приведены примеры результатов расчетов величин предельно допустимой нагрузки на однородное связное основание систем из одного, двух и четырех заглубленных ленточных фундаментов шириной $b = 2$ м, при глубине заложения $H_3 = 2$ м, отстоящих друг от друга на расстоянии $d = 2$ м (обозначения приведены на рис. 3). Основание сложено реальным грунтом с объемным весом $\gamma = 2$ т/м³, углом внутреннего трения $\varphi = 25^\circ$ и таким удельным сцеплением C , что величина приведенного давления связности $\sigma_{св} = C(\gamma H_3 \operatorname{tg} \varphi)^{-1} = 0,59$. Чтобы определить зависимость величины предельно допустимой нагрузки от величин φ и C , принято, что угол внутреннего трения при расчетах последовательно принимает значения 15° ,

21°, 25° и 30°, а величина приведенного давления связности соответственно 0,59; 1,0; 2,0; 3,0 и 6,0. Из комментария к формуле (1) понятно, что увеличение удельного сцепления или уменьшение глубины заложения фундамента в n раз эквивалентно столько же кратному увеличению параметра $\sigma_{св}$. Коэффициент бокового давления грунта при расчетах принят равным $\xi_0 = 0,75$, что соответствует глинистым грунтам [17].

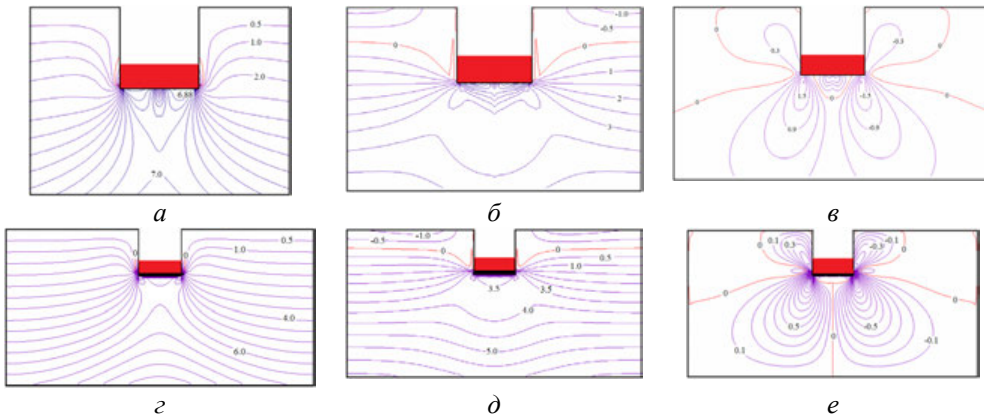


Рис. 2. Картины изолиний напряжений σ_z (а, г) σ_x (б, д) и τ_{zx} (в, е) в основании одиночного заглубленного фундамента без учета его жесткости и при условии, что $E_{ф}/E_0 = 10^3$

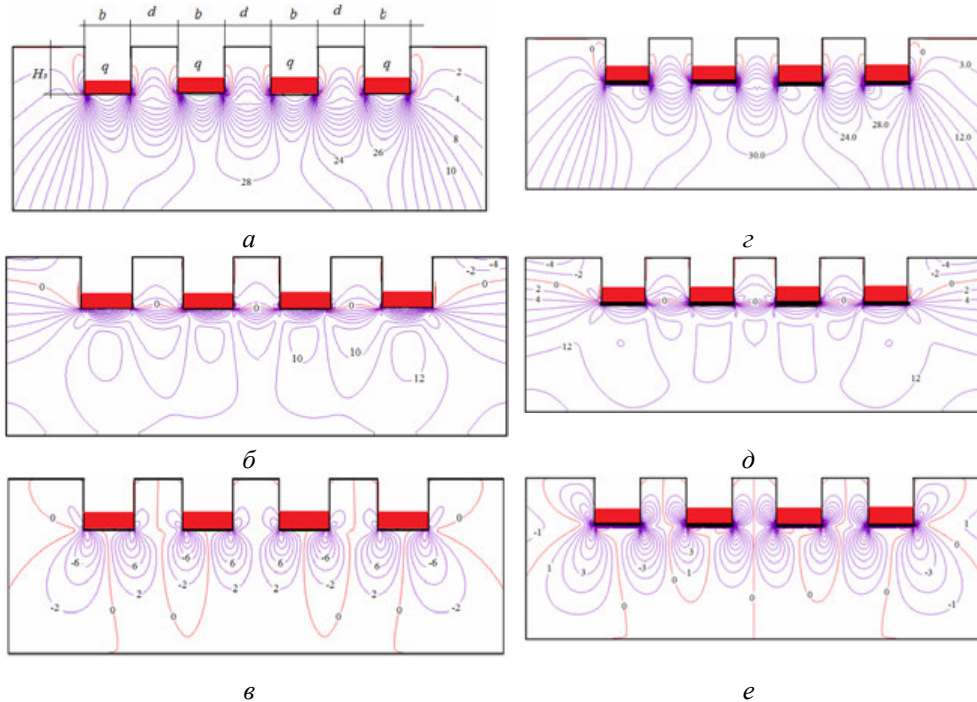


Рис. 3. Картины изолиний напряжений σ_z (а, г), σ_x (б, д) и τ_{zx} (в, е) в основании группы из четырех заглубленных фундамента без учета их жесткости и при условии, что $E_{ф}/E_0 = 10^3$

На рис. 2 и 3 в качестве примера приведены картины изолиний компонент напряжения в основании одиночного фундамента и системы четырех фундамента в момент достижения интенсивностью нагрузки предельно допустимого значения (абсолютно гибкий фундамент (рис. 2, *a—в* и рис. 3, *a—в*); фундамент конечной жесткости (рис. 2, *г—е* и рис. 3, *г—е*) при численном значении величины отношения модуля упругости материала фундамента и модуля деформации грунта $E_{\phi}/E_0 = 10^3$. Анализируя эти рисунки, можно сделать однозначный вывод, что и характер полей напряжений, и их напряженность существенным образом зависят как от количества фундаментов системе, так и от их жесткости.

Данное обстоятельство определяет и различные форму и размеры предельных областей в момент потери основанием устойчивости, которые для описанных выше условий изображены на рис. 4.

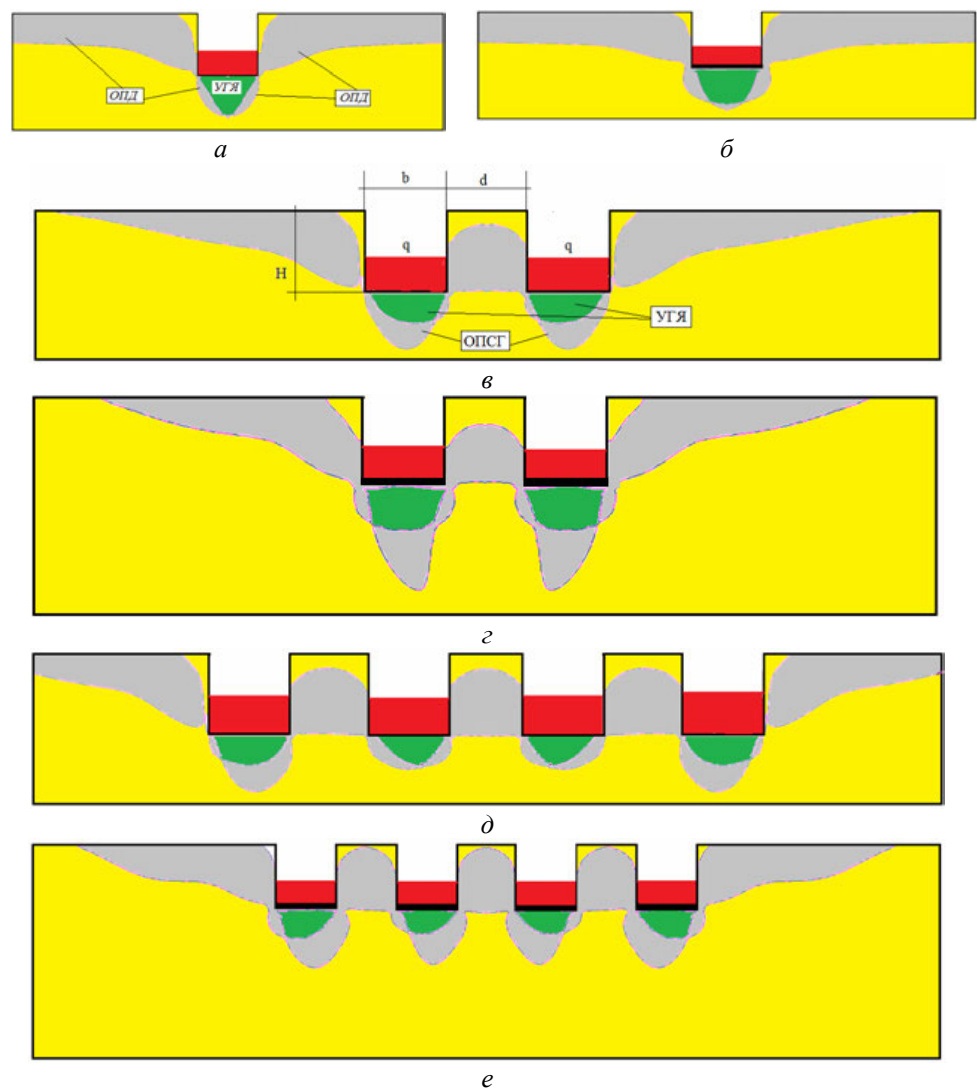


Рис. 4. Области предельного состояния грунта (области пластических деформаций) в основании одиночного фундамента (*a*, *б*), группы из двух (*в*, *г*) и четырех (*д*, *е*) фундаментов без учета их жесткости и при условии, что $E_{\phi}/E_0 = 10^3$

Ниже в табл. 1 приведены результаты вычисления величины предельно допустимой нагрузки на основание одиночного ($n = 1$) и системы двух ($n = 2$) и четырех ($n = 4$) абсолютно гибких фундаментов.

Т а б л и ц а 1

Значения предельной нагрузки для основания системы гибких фундаментов

n	$\sigma_{св} = 6$				$\varphi = 21^\circ$				
	φ				$\sigma_{св}$				
	15	21	25	30	0,59	1	2	3	6
1	13,01	21,24	28,69	41,15	8,426	9,39	11,766	14,14	21,24
2	11,09	20,10	28,7	45,65	7,72	8,66	10,95	13,25	20,10
4	11,92	19,98	29,22	49,35	7,6	8,32	12,12	12,97	19,98
	12,8	22,32	32,68	55,35	8,61	9,62	10,65	14,65	22,32

На основании данных, приведенных в табл. 1, построены графические зависимости вида $q_{пд} = f(\sigma_{св})$ и $q_{пд} = f(\varphi)$, которые показаны на рис. 5, а и б, а. Установлено, что графические зависимости вида $q_{пд} = f(\sigma_{св})$ с погрешностью, не превышающей 2...3 %, аппроксимируются прямой линией, зависимости вида $q_{пд} = f(\varphi)$ — экспонентой, т. е.

$$q_{пд} = a\sigma_{св} + b;$$

$$q_{пд} = de^{\varphi},$$

где a, b, d — коэффициенты, причем a — безразмерный коэффициент, а коэффициенты b и d имеют размерность [Па].

Прокомментируем теперь последнюю строку в табл. 1 и графики, приведенные на рис. 5 и 6. Обратим внимание на крайний правый фундамент, изображенный на рис. 4, д, и фундамент, расположенный слева от него. Из рисунка ясно видно, что области предельного состояния грунта, сомкнувшиеся под этими фундаментами, имеют различные размеры и симметричную форму. Добиться одновременного смыкания предельных зон под этими фундаментами можно лишь при условии, что интенсивности соответствующих равномерно распределенных нагрузок будут не одинаковыми. Эти не одинаковые нагрузки и приведены в последней строке табл. 1. Анализ численных значений соответствующих предельных нагрузок показывает, что их отличие не превышает 13 %. Кривые, приведенные на рис. 5, б и б, б, как раз и построены на основании данных, приведенных в этой строке таблицы. А соответствующие кривые, приведенные на рис. 5, а и б, а, построены по средним арифметическим значениям, что идет в запас несущей способности.

В табл. 2 приведены результаты вычисления предельных нагрузок для основания системы жестких фундаментов при условии, что $E_{ш}/E_0 = 10^3$, на рис. 7 — графические зависимости вида $q_{пд} = f(\sigma_{св})$ и $q_{пд} = f(\varphi)$, а на рис. 4, е — соответствующие области предельного состояния грунта. Анализ последнего рисунка показывает, что предельные области имеют практически одинаковые размеры и форму для всех фундаментов, а по результатам расчетов величины интенсивности предельной нагрузки для всех фундаментов системы отличаются друг от друга не более чем на 1,5 %, поэтому считаем их одинаковыми.

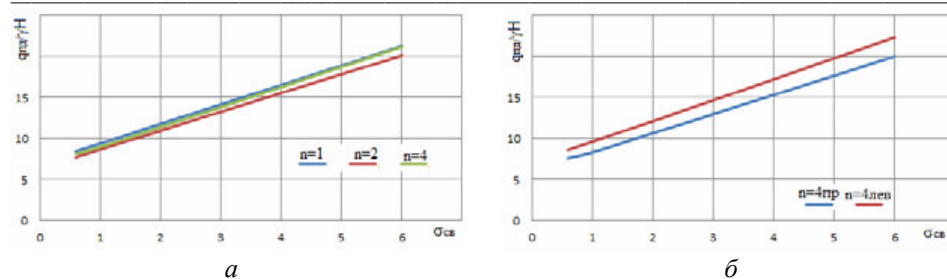


Рис. 5. Графические зависимости вида $q_{\text{пл}} = f(\sigma_{\text{св}})$ для одиночного и системы двух и четырех гибких фундаментов (а) и основания четырех гибких фундаментов (б)

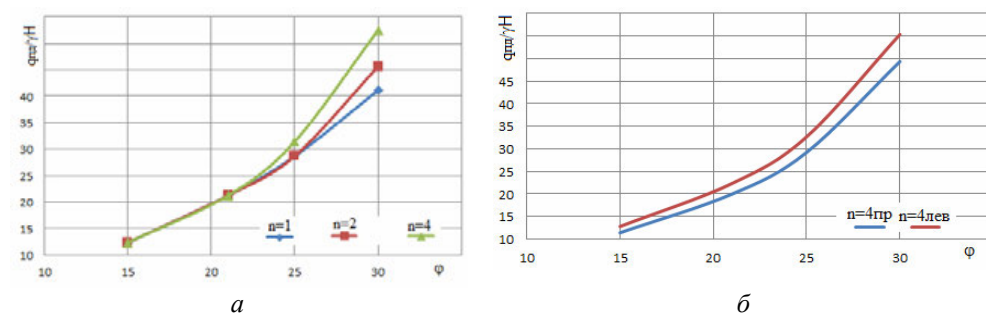


Рис. 6. Графические зависимости вида $q_{\text{пл}} = f(\varphi)$ для одиночного и системы двух и четырех гибких фундаментов (а) и основания четырех гибких фундаментов (б)

Таблица 2

Значения предельной нагрузки для системы фундаментов при $E_{\text{ш}}/E_0 = 10^3$

n	$\sigma_{\text{св}} = 6$				$\varphi = 21^\circ$				
	φ				$\sigma_{\text{св}}$				
	15	21	25	30	0,59	1,0	2	3,0	6,0
1	17,245	30,13	42,58	65,75	10,975	12,427	15,978	19,52	30,13
2	19,13	36,75	64,0	108,5	13,03	14,85	19,23	23,6	37,20
4	24,9	62,32	152,5	176,58	20,50	23,6	31,35	39,15	62,32

Кривые, приведенные на рис. 7, как и ранее, с высокой степенью достоверности аппроксимируются прямыми линиями и экспонентой.

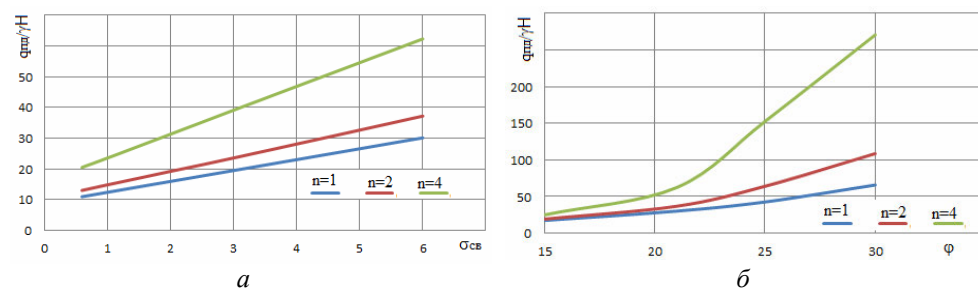


Рис. 7. Графические зависимости вида $q_{\text{пл}} = f(\sigma_{\text{св}})$ (а) и $q_{\text{пл}} = f(\varphi)$ (б) для основания одиночного и системы двух и четырех жестких фундаментов при $E_{\text{ш}}/E_0 = 10^3$

Обобщение данных анализа результатов проведенных вычислений позволяет сделать следующие *выводы*:

1. Если число фундаментов в системе превышает $n = 4$, то интенсивность нагрузок, при которых происходит одновременное смыкание предельных областей под фундаментами, можно считать одинаковым для всех фундаментов системы. В противном случае величина предельно допустимой нагрузки выбирается по наименьшему из значений.

2. При изменении числа фундаментов в системе от одного ($n = 1$) до четырех ($n = 4$) величина предельной нагрузки на основание при рассмотренных выше условиях увеличивается в 1,05...1,34 раза для гибких фундаментов и в 1,44...2,69 раза для жестких ($E_{ш}/E_0 = 10^3$).

3. Увеличение угла внутреннего трения грунта от 15° до 30° влечет за собой увеличение несущей способности основания системы фундаментов при $n = 1$ в 3,16 раза, при $n = 2$ — в 4,11 раза, а при $n = 4$ — в 4,14 раза. Изменение величины приведенного давления связности от 0,59 до 6 ведет к увеличению интенсивности предельной нагрузки в 2,52; 2,6 и 2,63 раза соответственно. Те же изменения расчетных параметров для основания системы жестких фундаментов ($E_{ш}/E_0 = 10^3$) влекут за собой рост предельно допустимых нагрузок в 3,68; 5,67; 7,09 и 2,74; 2,85; 3,03 раза соответственно.

4. Для более полного описания работы системы заглубленных ленточных фундаментов следует исследовать влияние на несущую способность основания величины расстояния ($d + b$) между осями фундаментов, эквивалентной жесткости фундаментов и коэффициента бокового давления грунта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сорочан Е. А. Сборные фундаменты промышленных и жилых зданий. М.: Госстройиздат, 1962. 127 с.
2. Сорочан Е. А. Фундаменты промышленных зданий. М.: Стройиздат, 1986. 303 с.
3. Давыдов С. С. Расчет и проектирование подземных конструкций. М.: Стройиздат, 1950. 376 с.
4. Холмянский М. Л. Напряженное состояние грунта при действии периодической системы полосовых нагрузок // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2005. № 2. С. 2—6.
5. Мухелишвили Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука, 1966. 707 с.
6. Федоровский В. Г. Предельное давление на ряд ленточных штампов и эффект «непродавливания» // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2006. № 3. С. 9—13.
7. Королев К. В. Предельное давление на сыпучее основание бесконечного ряда штампов // Сборник трудов молодых ученых НГАСУ № 1. Новосибирск, 1998. С. 15—18.
8. Богомолов А. Н., Калашиников С. Ю., Ушаков А. Н. Напряженно-деформированное состояние грунтового основания системы параллельных ленточных фундаментов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2011. Вып. 24(43). С. 12—21.
9. Богомолов А. Н., Ушаков А. Н. О напряженно-деформированном состоянии упругой полуплоскости при действии системы равномерно распределенных наклонных нагрузок // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 1(30). С. 90—102.
10. Богомолов А. Н., Ушаков А. Н. О напряженно-деформированном состоянии упругой полуплоскости при действии системы наклонных кусочно-линейных нагрузок // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2013. № 2. С. 2—7.
11. Богомолов А. Н., Ушаков А. Н., Богомолова О. А. О напряженном состоянии упругой полуплоскости при действии нагрузки, меняющейся по линейно-кусочному закону. II. Случай системы нагрузок // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2014. № 1(7). С. 37—43.
12. Богомолов А. Н., Ушаков А. Н. Методы теории функций комплексного переменного в задачах геомеханики. Волгоград: ВолгГАСУ; Перемена, 2014. 227 с.
13. Мальшев М. В. Прочность грунтов и устойчивость оснований сооружений. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1994. 228 с.

14. Соловьев Ю. И. Несущая способность предельно напряженного основания под ленточным фундаментом // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1979. № 4. С. 21—23.

15. Coulomb C. Application des règles de maximus et minimis a quelques problemes de statique relatifs a L'architecture. Memories de savants strangers de L'Academlie des sciences de Paris, 1773.

16. Устойчивость (напряженно-деформированное состояние) : свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ : пат. Рос. Федерации № 2009613499 / А. Н. Богомолов, О. А. Богомолова, М. Ю. Нестратов, Н. Н. Нестратов, Н. Н. Потапова, М. М. Степанов, А. Н. Ушаков ; опубл. 18.12.2009, Бюл. № 23 ; заявл. 19.05.2009 ; зарег. в Реестре программ для ЭВМ 30.06.2009. 1 с.

17. Вялов С. С. Реологические основы механики грунтов. М.: Высшая школа, 1978. 447 с.

© Богомолов А. Н., Богомолова О. А., Донсков Р. А., Пристансков А. А., 2015

Поступила в редакцию
в июле 2015 г.

Ссылка для цитирования:

Несущая способность основания системы параллельных заглубленных ленточных фундаментов конечной жесткости / А. Н. Богомолов, О. А. Богомолова, Р. А. Донсков, А. А. Пристансков // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 4—13.

Об авторах:

Богомолов Александр Николаевич — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой гидротехнических и земляных сооружений, проректор по научной работе, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; проф. кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет. Российская Федерация, 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29. banzaritsyn@mail.ru

Богомолова Оксана Александровна — канд. техн. наук, доц. кафедры математики и информационных технологий, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, banzaritsyn@mail.ru

Донсков Роман Александрович — аспирант кафедры гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Пристансков Андрей Александрович — аспирант кафедры гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

A. N. Bogomolov, O. A. Bogomolova, R. A. Donskov, A. A. Pristanskov

BEARING CAPACITY OF THE BASES OF SYSTEMS OF PARALLEL BURIED STRIP FOUNDATION OF FINITE RIGIDITY

The results of calculation of maximum allowed load on a coherent base of system of absolutely flexible and rigid buried strip foundations are given. It is established that physical and mechanical properties of soil, the rigidity of the base, the distance between the bases and their number in the system influence the maximum allowed load. The article provides graphic interpretations of the received dependences. The tasks of the further researches are set.

Key words: system of buried strip foundation, geometrical parameters of the system of bases, physical and mechanical properties of soil, graphical dependences of the maximum allowed load on calculated parameters, research tasks.

REFERENCES

1. Sorochan E. A. *Sbornye fundamenty promyshlennykh i zhilykh zdanii* [Prefabricated foundations of industrial and residential buildings]. Moscow, Gosstroizdat Publ., 1962. 127 p.

2. Sorochan E. A. *Fundamenty promyshlennykh zdanii* [Foundations of industrial buildings]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1986. 303 p.

3. Davydov S. S. *Raschet i proektirovanie podzemnykh konstruktssii* [Calculation and design of underground constructions]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1950. 376 p.
4. Kholmianskii M. L. Stress State of Soil Subjected to a Periodic System of Strip Loads. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, March 2005, 42(2), pp. 39—45.
5. Muskhelishvili N. I. *Nekotorye osnovnye zadachi matematicheskoi teorii uprugosti* [Some main tasks of the mathematical theory of elasticity]. Moscow, Nauka Publ., 1966. 707 p.
6. Fedorovskii V. G. Limiting pressure on rows of strip plates and the “no-force-through” effect. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, May 2006, 43(3), pp. 85—91.
7. Korolev K. V. [Maximum pressure on loose foundation of range of punches]. *Sbornik trudov molodykh uchenykh NGASU № 1* [Proc. of works by young scientists of NSUACE no. 1]. Novosibirsk, 1998. Pp. 15—18.
8. Bogomolov A. N., Kalashnikov S. Yu., Ushakov A. N. [Strain-stress distribution of earth foundation of parallel continuous footings system]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2011, iss. 24(43), pp. 12—21.
9. Bogomolov A. N., Ushakov A. N. [About deformation mode of elastic half plane under the influence of uniformly distributed inclined loads]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers], 2012, 1(30), pp. 90—102.
10. Bogomolov A. N., Ushakov A. N. Stress-strain of an elastic half plane under a system of inclined piecewise-linear loads. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, May 2013, 50(2), pp. 43—49.
11. Bogomolov A. N., Ushakov A. N., Bogomolova O. A. [About stress state of elastic semiplane at loading changing under linearly-piecewise law. II. Case of loading system]. *Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya* [Engineer-Construction News of Caspian Sea Region], 2014, no. 1(7), pp. 37—43.
12. Bogomolov A. N., Ushakov A. N. *Metody teorii funktsii kompleksnogo peremennogo v zadachakh geomekhaniki* [Methods of the theory of functions of complex variable in the tasks of geomechanics]. Volgograd, VSUACE Publ., Peremena Publ., 2014. 227 p.
13. Malyshev M. V. *Prochnost' gruntov i ustoychivost' osnovanii sooruzhenii. 2-e izd., pererab. i dop.* [Strength of soil and stability of the construction foundation. 2nd ed., revised and enlarged]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1994. 228 p.
14. Solov'ev Yu. I. Bearing capacity of an ultimate-stressed base under a strip foundation. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, July 1979, 16(4), pp. 207—211.
15. Coulomb C. *Application des regles de maximus et minimis a quelques problemes de statique relatifs a L'architecture*. Memoires de savants etrangers de L'Academie des sciences de Paris, 1773.
16. Bogomolov A. N., Bogomolova O. A., Nestratov M. Yu., Nestratov N. N., Potapova N. N., Stepanov M. M., Ushakov A. N. *Ustoychivost' (napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie)* [Stability (stress-strain state)]. Patent RF, no. 2009613499, 2009.
17. Vyalov S. S. *Reologicheskie osnovy mekhaniki gruntov* [Rheological Bases of Soil Mechanics]. Moscow, Vyshaya Shkola Publ., 1978. 447 p.

For citation:

Bogomolov A. N., Bogomolova O. A., Donskov R. A., Pristanskov A. A. [Bearing capacity of the bases of systems of parallel buried strip foundation of finite rigidity]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 4—13.

About authors:

Bogomolov Aleksandr Nikolaevich — Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Hydraulic and Earthwork Structures Department, Vice-Rector for Scientific Research, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation; Professor of Construction Operations and Geotechnics Department, Perm National Research Polytechnic University. 29, Komsomolskii Prospect, Perm', 614990, Russian Federation, banzaritcyn@mail.ru

Bogomolova Oksana Aleksandrovna — Candidate of Engineering Science, Docent of Mathematics and Information Technology Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, banzaritcyn@mail.ru

Donskov Roman Aleksandrovich — Postgraduate student of Hydraulic and Earthwork Structures Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

Pristanskov Andrei Aleksandrovich — Postgraduate student of Hydraulic and Earthwork Structures Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 624.131.23

**А. Н. Богомолов^{а,б}, Ю. И. Олянский^а, Л. А. Анисимов^а,
Е. В. Щекочихина^а, А. Ф. Алексеев^в**

^а *Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет*

^б *Пермский национальный исследовательский политехнический университет*

^в *Уральский горный университет*

ПОДГОТОВКА ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, СТРОЯЩИХСЯ НА ЗАМЕДЛЕННО-ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ I И II ТИПА ПРОСАДОЧНОСТИ

Проанализированы причины деформации инженерных сооружений, возведенных на лесовых просадочных грунтах территории Молдовы, относящихся к замедленно-просадочному типу. Сделаны выводы, позволяющие совершенствовать методику подготовки оснований на просадочных грунтах. Рекомендованы наиболее оптимальные варианты фундирования лессовых толщ I и II типа по просадочности в зависимости от типа инженерных сооружений.

Ключевые слова: лессовые грунты, просадка лессовой толщи, подготовка лессовых оснований.

Замедленно-просадочные грунты и методы их изучения. К замедленно-просадочным грунтам относятся лессовидные и лессоподобные средние и тяжелые суглинки, дисперсная составляющая которых представлена в основном монтмориллонитом. Такие лессовые грунты достаточно широко распространены на территории Северного Причерноморья, Предкарпатья, Предкавказья, в Волгоградской и других областях России. Основная проблема борьбы с просадочностью на этих грунтах вытекает из того, что действующие в настоящее время нормативные документы (СНиП 2.02.01—83, ГОСТ 23161—78) предусматривают определение показателей просадочности: величины относительной просадочности ε_{sl} и начального просадочного давления P_{sl} в компрессионных приборах непродолжительным замачиванием образцов грунта в условиях капиллярного их водонасыщения [1]. Такая схема испытаний не полностью соответствует реальным условиям работы оснований и фундаментов, особенно при подтоплении территорий. Для замедленно-просадочных грунтов различие в значениях показателей просадочности, определенных в лабораторных условиях и по натурным данным, весьма существенно, что часто является основополагающей причиной их деформаций.

Эволюция представлений о просадочности и методах борьбы с ней на лессовых грунтах такого типа хорошо прослеживается на примере застройки территории г. Кишинева, расположенной в периферийной части Кодринской возвышенности. Лессовые грунты покрывают территорию города практически повсеместно. Это преимущественно средние суглинки с числом пластичности 0,12...0,14; влажностью 0,11...0,13; плотностью «сухого грунта» 1,45...1,55 г/см³. Начальное просадочное давление составляет 0,11...0,12 МПа. Мощность лессовой толщи варьирует в интервале от 2...3 до 25...30 м. Толща обладает просадочностью в основном до глубины 11,0...12,0 м. Тип грунтовых условий по просадочности 80 % территории города — I, 20 % территории — II. Максимальная просадка толщи от собствен-

ного веса достигает 20...25 см (рассчитанная по данным компрессионных испытаний по схеме «двух кривых») [2].

До 1962 г. при строительстве на просадочных грунтах города Кишинева выполнялись только мероприятия по предохранению оснований от замачивания: устройство лотков, смотровых колодцев, отмосток, планировка поверхности. Спустя несколько лет после сдачи в эксплуатацию домов стали замачиваться грунты основания из-за неисправных инженерных сетей. Водозащитные мероприятия оказались малоэффективными, и многие из построенных зданий стали деформироваться, некоторые из них были демонтированы [3].

Начиная с 1962 г. при строительстве на просадочных грунтах стали применять уплотнение трамбованием. Это позволило устраивать водонепроницаемый экран из лессовых уплотненных грунтов мощностью до 2...3 м и снизить нагрузку на неуплотненный лессовый грунт до величины меньше начального просадочного давления. Такой метод подготовки лессовых оснований широко распространился на всю территорию города и использовался вплоть до 1974 г.

В 1974 г. вышел новый СНиП II-15-74, который ввел в практику строительства на просадочных грунтах новую классификацию лессовых толщ по просадке толщи от собственного веса: I и II тип грунтовых условий по просадочности. К этому времени некоторые из уже построенных на уплотненном лессовом экране зданий начали давать деформации, иногда значительные. Причина деформации — просадка в нижних частях лессовой неуплотненной толщи вследствие поднятия уровня грунтовых вод. Это вызвало необходимость пересмотра мероприятий по подготовке лессовых оснований в свете рекомендации СНиП II-15—74 и следующего СНиП 2.02.01—83. Стал применяться комплекс из водозащитных мероприятий, мероприятий по устранению просадочности и конструктивных мероприятий. Наиболее трудоемкими являются мероприятия по устранению просадочности лессового основания, особенно на глубинах более 8,0 м.

Анализ компрессионных испытаний показал, что большая часть просадочности лессовой толщи на территории города приходится на интервал глубин от 0 до 8,0 м. Расчеты просадки и осадки сооружений за счет толщи, залегающей на глубинах более 8,0 м, были в пределах допустимых деформаций, поэтому высотные здания, возводимые с конца 70-х — начала 80-х годов, проектировались на уплотненной лессовой толще мощностью 5,0...6,0 м, что соответствует глубине 8,0 м. Ниже оставался неуплотненный лессовый грунт. В условиях развернувшегося массового строительства в данный период это позволило существенно сократить стоимость сооружений и время ввода их в эксплуатацию.

Однако уже в начале 80-х годов появились публикации [4, 5], свидетельствующие об охватившем город широкомасштабном подтоплении. К этому времени относятся наиболее серьезные деформации высотных зданий. Сооружения, возведенные на лессовых толщах с сохранением просадки в нижних ее горизонтах, повсеместно начали деформироваться. Причина заключалась в том, что фактические просадки сооружений превысили прогнозируемые в 1,5...2,0 раза [6].

Специальные исследования лессовых грунтов, выполненные в лаборатории Академии наук Республики, позволили определить основную причину

деформаций. Были выполнены специальные комплексные исследования лессовых грунтов. Компрессионные испытания проводились в компрессионных приборах системы Н. Н. Маслова при капиллярном водонасыщении (по ГОСТ 23161—78) в условиях непрерывной фильтрации воды через образец на протяжении 30...40 суток. Это позволило выделить провальную просадку, замедленную просадку и послепросадочное уплотнение образцов лессового грунта.

Причина деформации сооружений заключалась в том, что лессовые замедленно просадочные грунты характеризуются большой величиной замедленной просадки и послепросадочного уплотнения, которые в сумме превышают провальную просадку (выявленную по ГОСТ 23161—78) в 1,5...2,0 раза. Это явилось причиной неверной оценки возможной просадки неуплотненной на глубинах более 8,0 м толщи, завышения величины начального просадочного давления грунта, а следовательно, привело к занижению расчетной величины просадки и осадки сооружения, что и явилось причиной их деформаций [7].

Рекомендации сотрудников Академии наук позволили пересмотреть и дополнить мероприятия по борьбе с просадочностью лессовых оснований. В первую очередь это относится к необходимости устранения просадочности на всю просадочную толщу (для II типа грунтовых условий). Учитывая мощность просадочной толщи на территории города (в основном до 12,0 м) и активно развивающееся подтопление при возведении сооружений на просадочных толщах II типа с конца 80-х и начала 90-х годов, стали широко применяться: уплотнение просадочных пород грунтовыми сваями на всю мощность и железобетонные буронабивные сваи до кровли непросадочных грунтов. Это позволило в комплексе с водозащитными и конструктивными мероприятиями обеспечить безаварийную эксплуатацию зданий. На лессовых толщах I типа по просадочности основным методом подготовки лессовых оснований является создание водонепроницаемого уплотнения — экрана из лессовых грунтов мощностью 2,0...4,0 м, а также водозащитные и конструктивные мероприятия.

Выполнение мероприятий по подготовке лессовых оснований в таком объеме исключает возможность их деформаций, особенно в условиях активного обводнения грунтов при подтоплении. Основные полученные результаты могут найти применение и в других регионах, где распространены аналогичные лессовые грунты (Волгоградская, Ростовская и другие области РФ).

Анализ причин деформаций зданий и сооружений, возведенных на лессовых основаниях на территории Молдовы. В настоящее время строительство на просадочных лессовых грунтах Республики Молдовы в основном осуществляется успешно. Однако нужно отметить, что в ряде случаев наблюдались отдельные, иногда значительные деформации зданий и сооружений, анализ причин которых дает возможность правильно оценивать инженерно-геологическую обстановку района застройки во избежание нежелательных процессов и явлений в основаниях сооружений [8].

Анализ причин деформаций зданий и сооружений на просадочных породах за последние годы свидетельствует о том, что сам по себе региональный подъем уровня подземных вод в условиях городской застройки до сих пор не является причиной серьезных деформаций. В отдельных случаях имела место

длительная неравномерная осадка высотных зданий, однако по истечении некоторого периода (1,5...2 года) эти осадки стабилизировались и не препятствовали дальнейшей эксплуатации сооружений. Значительные деформации сооружений наблюдались при местном замачивании лессовых пород основания.

Анализ причин, вызвавших деформации зданий на территории Молдавского региона, позволяет разделить их на три типа: деформации, связанные с отсутствием противопросадочных мероприятий; деформации, связанные с недостаточным комплексом противопросадочных мероприятий; деформации, связанные с некачественным выполнением противопросадочных мероприятий [9].

Деформации, связанные с отсутствием противопросадочных мероприятий. К деформациям данного типа следует отнести деформации одноэтажных жилых домов в с. Бычок Григориопольского района и деформации здания школы № 12 в г. Кишиневе. Ни в одном из этих случаев не выполнены никакие мероприятия по снижению просадочности пород основания и предохранению их от замачивания. В результате этого неравномерная осадка имела место как в грунтовых условиях I типа по просадочности (площадка школы № 12 в г. Кишиневе), так и в грунтовых условиях II типа (с. Бычок).

Школа № 12 расположена на склоне Дурлештского ручья. Основанием здания являются лессовые породы мощностью 10 м I типа просадочности, подстилаемые глиной сармата. В 1969 г. на северо-западной стене внутреннего двора появились горизонтальные и наклонные трещины с раскрытием 2...3 см. Обследование пород показало, что причиной деформации является просадка фундаментов в результате повышения влажности пород основания в среднем на 10 %, в отдельных случаях это повышение составило 18 %. Замачивание произошло в результате аварийных утечек из сетей внутреннего двора.

Жилые дома в с. Бычок расположены в Южном Приднестровье, на поверхности нижнечетвертичной террасы. Лессовая толща мощностью до 26 м представлена в основном легкими и средними суглинками, тип грунтовых условий по просадочности — II. Начало деформации приурочено к 1977 г. В 1979 г. раскрытие отдельных трещин в стенах домов и в грунте достигло нескольких миллиметров. Основными причинами деформаций являлись непрерывные утечки из водопровода и индивидуальных питательных ям. Влажность лессовых пород достигла 0,16...0,20 при первоначальной 0,13...0,15.

В первом случае (школа № 12) просадка произошла под действием дополнительной нагрузки от здания, превысившей начальное просадочное давление пород, во втором случае (жилые дома в с. Бычок) произошла просадка лессовых грунтов нижней части толщи вследствие ее замачивания, т. к. дополнительная нагрузка от зданий невелика и не превышает начального просадочного давления.

Деформации, связанные с недостаточным комплексом противопросадочных мероприятий, обусловлены просадкой пород основания в результате выполнения неполного объема необходимых противопросадочных мероприятий, как это имело место на площадке 5-этажного жилого дома по ул. Димитрова, где выполнены только водозащитные мероприятия, а также на площадке 9-этажного жилого дома по Московскому проспекту в г. Кишиневе и 9-этажного жилого дома по ул. Ленинградской в г. Бендеры, где в основании зданий были сохранены просадочные свойства грунтов (по II типу).

5-этажный жилой дом по ул. Димитрова в г. Кишиневе возведен в начале 1960-х годов на ленточных фундаментах. Основанием служила лессовая толща мощностью до 18 м, подстилаемая глинами неогена, тип грунтовых условий по просадочности — II. Единственным противопросадочным мероприятием, выполненным при сооружении дома, являлось создание вокруг него отмостки с целью предохранения грунтов основания от замачивания атмосферными водами. В 1982 г. в результате аварийных утечек из проходящих вблизи дома инженерных сетей были замочены грунты основания, вследствие чего одно крыло здания осело. В средней части дома образовалась трещина с раскрытием до 15...20 см, дом пришел в аварийное состояние.

Девятиэтажный жилой дом по Московскому проспекту в г. Кишиневе расположен на 17-метровой толще лессовых пород II типа по просадочности, подстилаемых глинами сармата. В результате аварийных утечек из проходящего рядом с домом водопровода уровень подземных вод поднялся на высоту около 7 м. Влажность лессовых пород в пределах замоченной зоны увеличилась на 6...10 %. Это вызвало неравномерную осадку здания, продолжавшуюся длительное время и надолго задержавшую передачу здания в эксплуатацию.

Девятиэтажный жилой дом № 16 по ул. Ленинградской в г. Бендеры расположен на среднечетвертичной террасе р. Днепр. Мощность лессовой толщи II типа по просадочности достигает 17...18 м. Жилой дом сооружен на ленточных фундаментах, противопросадочным мероприятием явилось создание водозащитного уплотненного экрана из лессовых пород мощностью 3,5 м. Начало деформации приурочено к июню 1979 г. Максимальная скорость осадки торцов здания составила 4 мм/нед. В отдельные периоды отношение скоростей осадки торцов достигало 7...8. Анализ состояния грунтов основания показал, что неравномерная осадка здания вызвана увлажнением, произошедшим в результате систематических утечек из проходящих рядом со зданием водонесущих магистралей. Грунты замочились на глубину до 15 м. Уровня подземных вод не образовалось. Влажность лессовой толщи увеличилась на 2...7 %.

Деформации, связанные с некачественным выполнением противопросадочных мероприятий, обусловлены низким качеством работ по ликвидации просадочности пород и могут иметь место на лессовых толщах как I, так и II типов грунтовых условий по просадочности. Такие деформации зафиксированы только на грунтах I типа просадочности. Девятиэтажный жилой дом по ул. Алешина в г. Кишиневе, даже при неполном промачивании толщи, дал значительный крен (180...200 мм). Как показало исследование, качество работ по созданию уплотненного экрана из местных лессовых пород оказалось низким. На отдельных участках толщина его составляла лишь 75 см (вместо 1,5 м), по краям отдельных секций грунт вообще не уплотнялся [10].

Таким образом, анализ опыта строительства на лессовых породах территории Молдовы свидетельствует об актуальности назревшей проблемы. Особенностью проектирования и строительства зданий на просадочных породах Республики в 1970-х годах и в начале 1980-х годов являлось преувеличение роли водозащитных мероприятий, в результате чего мощность уплотненной подушки (экрана) в ряде случаев увеличивалась до 3,5 м. Однако низкое качество работ, часто имеющее место при подготовке лессовых оснований, и

слабая эффективность мер по предотвращению повышения влажности грунтов основания требуют применения таких противопросадочных мероприятий, которые полностью бы исключили просадку грунтов под фундаментами. Подтверждаются выводы ряда исследователей о неэффективности водозащитных мероприятий, т. к. даже при условии хорошего их выполнения вода в основание здания может поступать со стороны окружающей территории, как это имело место в ряде вышеописанных случаев.

Рациональные способы фундирования лессовых толщ в грунтовых условиях Молдовы. *На просадочных толщах с I типом грунтовых условий по просадочности* для промышленных, жилых, гражданских, сельскохозяйственных каркасных зданий с нагрузками на отдельные фундаменты до 1500...1800 кН и бескаркасных зданий с несущими стенками с нагрузками от них до 400...600 кН на 1 пог. м наиболее рациональными являются фундаменты в вытрамбованных котлованах. Разработаны и успешно применяются, в том числе в Молдове, фундаменты в вытрамбованных котлованах: без уширенного основания для нагрузок на них до 800...1000 кН; с уширенным основанием, получаемым путем втрамбовывания в дно вытрамбованного котлована жесткого грунтового материала (щебня, гравия, песчано-гравийной смеси и т. п.), на нагрузки до 1500...1800 кН; ленточные прерывистые фундаменты для бескаркасных зданий высотой до 5 этажей. Кроме того, завершается разработка новых конструкций и методов устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах: сборных из забивных пустотелых блоков с уширенной подошвой для каркасных зданий; ребристых и арочных с уширенным основанием для сейсмических условий, с несущим слоем для нагрузок на фундаменты до 2500...3000 кН, что позволит значительно расширить область и объемы применения фундаментов в вытрамбованных котлованах.

Для зданий повышенной этажности и массы весьма эффективными являются поверхностное уплотнение просадочных грунтов тяжелыми трамбовками с диаметром основания $d = 1,8...2,0$ м и массой 5,5...6,0 т с устройством обычных ленточных, отдельностоящих или плитных фундаментов, принимаемых по конструктивным соображениям. При однослойном уплотнении глубина уплотнения обычно составляет 2,5...3,5 м, а при двухслойном до 5...6 м.

При возведении тяжелых зданий и сооружений, а также чувствительных к неравномерным деформациям грунтов, в основаниях целесообразно применять набивные бетонные сваи в пробитых скважинах с уширенной подошвой. Особенность и основное отличие их от обычно применяемых буронабивных свай — то, что скважины выполняются не бурением, а пробивкой трамбующим снарядом на базе экскаватора, благодаря чему достигается уплотнение грунта вокруг сваи, в основании ее и создание уширенной подошвы путем втрамбовывания в ее дно до отказа отдельными порциями жесткого бетона, сухой бетонной смеси или другого материала. Все это обеспечивает в 1,5...3,0 раза повышение несущей способности и, соответственно, снижение стоимости и трудоемкости.

На просадочных толщах с II типом грунтовых условий по просадочности для жилых, гражданских, промышленных зданий с несущими стенами высотой до 9...12 этажей, а также относительно жестких каркасных зданий высотой до 6...8 этажей наиболее рациональным является применение ком-

плекса мероприятий, включающего: подготовку основания путем поверхностного уплотнения грунта в целях ликвидации просадочных свойств его в пределах деформируемой зоны от нагрузки фундаментов и создания сплошного маловодопроницаемого экрана; водозащитные мероприятия, исключающие возможность замачивания грунтов в основании, и конструктивные мероприятия, рассчитываемые на возможные просадки грунтов в основании и направленные на обеспечение прочности, устойчивости и нормальной эксплуатации возводимых зданий и сооружений.

Для относительных гибких, а также зданий повышенной этажности и массы при частом расположении несущих конструкций и фундаментов эффективным является глубинное уплотнение просадочных грунтов на всю величину их посадочной толщи путем пробивки скважин с последующим их заполнением грунтовым материалом. Особенность этого метода глубинного уплотнения состоит в том, что в соответствии с суммарной эпюрой распределения по глубине давлений от нагрузки фундаментов, собственной массы грунта и от сил нагружающего трения, возникающих при просадках окружающих грунтов, происходят следующие изменения в лессовом массиве по его глубине:

а) в нижней части уплотненного массива создается несущий слой путем втрамбовывания до отказа в дно пробитой скважины жесткого материала (щебня, шлака, песчано-гравийной смеси и т. п.) отдельными порциями высотой $0,8...1,2d$ (d — диаметр трамбуемого снаряда);

б) в средней части формируется зона повышенной прочности путем заполнения скважин жестким материалом с уплотнением каждой порции, отсыпаемой высотой $1,5...2,0d$;

в) в верхней части создается уплотненная зона путем заполнения пробитой скважины местным лессовым грунтом с уплотнением.

Глубинное уплотнение по этому методу выполняется с помощью навесного оборудования к экскаватору, обеспечивающего пробивку скважин диаметром $0,6...1,0$ м, энергию одного удара $30...40$ т/м, т. е. в $10...13$ раз выше, чем у применяемых в последнее время станков ударно-канатного бурения БС-ІМ.

Для гибких и большепролетных зданий целесообразно применять:

а) забивные и буронабивные сваи в эластичных оболочках, исключающих передачу на сваи дополнительных нагрузок от сил нагружающего трения, возникающих при просадках окружающих грунтов;

б) набивные сваи в оболочке из уплотненного грунта, получаемой путем пробивки скважин, с несущим слоем высотой $2...4$ м, создаваемым путем втрамбовывания в дно пробитой скважины до отказа жесткого материала;

в) буронабивные сваи с уширенным основанием, а также с несущим слоем, получаемым закреплением подстилающего лессового и другого грунта.

Наряду с этим для тяжелых зданий и сооружений с большими нагрузками на полы во многих случаях весьма эффективным является сочетание глубинного уплотнения с устройством набивных или забивных свай, при котором глубинное уплотнение применяется для устранения просадок грунтов под внутренними конструкциями, фундаментами технологического оборудования, полами, снятия сил нагружающего трения на сваи, а сваи предназначаются для передачи нагрузки от несущих конструкций на подстилающие более прочные слои грунта.

Применение обычных свайных фундаментов из забивных буронабивных свай в грунтовых условиях Молдовы целесообразно лишь в случаях залегания ниже просадочной толщи подстилающих грунтов с повышенной несущей способностью: типа крупных и средней крупности песков, сарматских глин, скальных грунтов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Олянский Ю. И. Современные проблемы инженерного освоения территорий, сложенных дисперсными структурно-неустойчивыми грунтами // Сергеевские чтения. Вып. 9. М.: ГЕОС, 2007. С. 151—155.
2. Олянский Ю. И. Лессовые грунты юго-западного Причерноморья. Кишинев: Штиница, 1992. 130 с.
3. Гончаров В. С., Фишер Н. С., Костик Г. Е. Опыт строительства на просадочных грунтах в Молдавской ССР // Подготовка оснований зданий и сооружений, строящихся на просадочных грунтах. Кишинев, 1981. С. 1—6.
4. Гончаров В. С., Олянский Ю. И. Прогноз подтопления лессовых территорий вероятностно-статистическим методом на примере г. Кишинева // Тез. докл. Всесоюзного совещания. Новосибирск, 1984. С. 163—164.
5. Олянский Ю. И., Гончаров В. С. Техногенные изменение влажности в лессовых грунтах г. Кишинева. Подготовка оснований зданий и сооружений, строящихся на просадочных грунтах. Кишинев, 1981. С. 26—28.
6. Олянский Ю. И., Богдевич О. П., Вовк В. М. О дополнительном уплотнении некоторых типов лессовых пород Молдавии при фильтрации воды // Известия АН МССР. Физика и техника. 1991. № 3 (6). С. 118—127.
7. Олянский Ю. И. Опыт оценки послепросадочного уплотнения лессовых пород по лабораторным испытаниям // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Естественные науки. 2005. Вып. 4(14). С. 81—85.
8. Бернат Р. Ю. Совершенствование технологии устройства оснований зданий и сооружений, возводимых на просадочных грунтах // Подготовка оснований зданий и сооружений, строящихся на просадочных грунтах. Кишинев, 1981. С. 32—34.
9. Гончаров В. С., Олянский Ю. И. Анализ причин деформации зданий и сооружений, связанных с обводнением просадочных грунтов на территории Молдавии // Ускорение научно-технического прогресса в фундаментостроении. Т. II. М.: Стройиздат, 1987. С. 164—165.
10. Мандельблат Ю. А. Устранение кренов и ликвидация просадочности оснований крупнопанельных домов по ул. Алешина в г. Кишиневе методом регулируемого замачивания // Подготовка оснований зданий и сооружений, строящихся на просадочных грунтах. Кишинев, 1981. С. 21—23.

© Богомолов А. Н., Олянский Ю. И., Анисимов Л. А., Щекочихина Е. В., Алексеев А. Ф., 2015

Поступила в редакцию
в июле 2015 г.

Ссылка для цитирования:

Подготовка оснований зданий и сооружений, строящихся на замедленно-просадочных грунтах I и II типа просадочности / А. Н. Богомолов, Ю. И. Олянский, Л. А. Анисимов, Е. В. Щекочихина, А. Ф. Алексеев // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 14—23.

Об авторах:

Богомолов Александр Николаевич — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой гидротехнических и земляных сооружений, проректор по научной работе, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; проф. кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет. Российская Федерация, 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29. banzaritcyn@mail.ru

Олянский Юрий Иванович — д-р геол.-минерал. наук, доц., проф. кафедры гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1. olyansk@list.ru

Анисимов Леонид Алексеевич — д-р геол.-минерал. наук, профессор, профессор кафедры морских нефтегазовых сооружений, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, lanisimov@yahoo.com

Щекочихина Евгения Викторовна — канд. геол.-минерал. наук, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, karnat.1@yandex.ru

Алексеев Алексей Федорович — канд. геол.-минерал. наук, доц., доц. кафедры инженерной геологии и геоэкологии, Уральский горный университет. Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, alekseev_af@mail.ru

A. N. Bogomolov, Yu. I. Olyanskii, L. A. Anisimov, E. V. Shchekochikhina, A. F. Alekseev

PREPARATION OF THE FOUNDATION OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS BUILT ON SLOW-SAGGING SOILS OF I AND II TYPE OF SUBSIDENCE

The authors analyze the causes of deformation of engineering structures built on collapsible loess soils on the territory of Moldova related to slow-sagging type. The conclusions allowing to improve the methodology for preparation of foundations on collapsible soils are drawn. The best options for the foundation of loess strata of I and type II by subsidence depending on the type of engineering building are recommended.

К е y w o r d s: loess soils, subsidence of loess strata, preparation of loess foundations.

REFERENCES

1. Olyanskii Yu. I. [Modern problems of engineering development of the territories formed by disperse structural-unstable soils]. *Sergeevskie chteniya. Iss. 9*. Moscow, GEOS Publ., 2007. Pp. 151—155.
2. Olyanskii Yu. I. *Lessovye grunty yugo-zapadnogo Prichernomor'ya (v predelakh respubliki Moldova)* [Loess soils in the south-west Black Sea region (within the Republic of Moldova)]. Kishinev, 1992. 130 p.
3. Goncharov V. S., Fisher N. S., Kostik G. E. [Experience of construction on collapsible soils in the Moldavian SSR]. *Podgotovka osnovanii zdaniy i sooruzhenii, stroyashchikhsya na prosadochnykh gruntakh* [Preparation of the foundations of buildings and constructions built on collapsible soils]. Kishinev, 1981. Pp. 1—6.
4. Goncharov V. S., Olyanskii Yu. I. [Forecast of underflooding of loess territories by probability and statistical method on the example of Kishinev]. *Tez. dokl. Vsesoyuznogo soveshchaniya* [Thesis report of All-Union meeting]. Novosibirsk, 1984. Pp. 163—164.
5. Olyanskii Yu. I., Goncharov V. S. *Tekhnogennye izmenenie vlazhnosti v lessovykh gruntakh g. Kishineva. Podgotovka osnovanii zdaniy i sooruzhenii, stroyashchikhsya na prosadochnykh gruntakh* [Technogenic change of humidity in loess soils in Kishinev. Preparation of the foundations of buildings and constructions built on collapsible soils]. Kishinev, 1981. Pp. 26—28.
6. Olyanskii Yu. I., Bogdevich O. P., Vovk V. M. [About additional impaction of some kinds of loesses of Moldova when filtrating water]. *Izvestiya AN MSSR. Fizika i tekhnika* [News of AS MSSR. Physics and Equipment], 1991, 3(6), pp. 118—127.
7. Olyanskii Yu. I. [Experience of the assessment of post-collapsible compacting of loess based on laboratory tests]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Natural Sciences], 2005, iss. 4(14), pp. 81—85.
8. Bernat R. Yu. [Improvement of the technology of design of foundations of buildings and constructions built on collapsible soils]. *Podgotovka osnovanii zdaniy i sooruzhenii, stroyashchikhsya na prosadochnykh gruntakh* [Preparation of the foundations of buildings and constructions built on collapsible soils]. Kishinev, 1981. Pp. 32—34.
9. Goncharov V. S., Olyanskii Yu. I. [Analysis of the reasons of deformation of buildings and constructions that are connected with watering of collapsible soils on the territory of Moldova]. *Uskorenienie nauchno-tekhnicheskogo progressa v fundamentostroenii. T. II*. [Activation of scientific and technical progress in foundation engineering. v. II]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1987. Pp. 164—165.

10. Mandel'blat Yu. A. [Clearing of the heel and elimination of collapsibility of foundations of large-panel blocks of flats in Alyoshin St. in Kishinev by the method of controlled watering]. *Podgotovka osnovanii zdanii i sooruzhenii, stroyashchikhsya na prosadochnykh gruntakh* [Preparation of the foundations of buildings and constructions built on collapsible soils]. Kishinev, 1981. Pp. 21—23.

For citation:

Bogomolov A. N., Olyanskii Yu. I., Anisimov L. A., Shchekochikhina E. V., Alekseev A. F. [Preparation of the foundation of buildings and constructions built on slow-sagging soils of I and II type of subsidence]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 14—23.

About authors:

Bogomolov Aleksandr Nikolaevich — Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Hydraulic and Earthwork Structures Department, Vice-Rector for Scientific Research, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation; Professor of Construction Operations and Geotechnics Department, Perm National Research Polytechnic University. 29, Komsomolskii Prospect, Perm', 614990, Russian Federation, banzaritcyn@mail.ru

Olyanskii Yurii Ivanovich — Doctor of Geological and Mineral Science, Docent, Professor of Hydraulic and Earthwork Structures Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, olyansk@list.ru

Anisimov Leonid Alekseevich — Doctor of Geological and Mineral Science, Professor, Professor of Sea Oil and Gas Constructions Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, l_anisimov@yahoo.com

Shchekochikhina Evgeniya Viktorovna — Candidate of Geological and Mineral Science, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, karnat.1@yandex.ru

Alekseev Aleksei Fedorovich — Candidate of Geological and Mineral Science, Docent, Docent of Engineering Geology and Geo-ecology Department, Federation Ural Mining University. 30, Kuibyshev St., Ekaterinburg, Russian Federation, alekseev_af@mail.ru

УДК 699.86

С. В. Корниенко

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

ОЦЕНКА ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА МНОГОСЛОЙНОЙ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ С МУЛЬТИЗОНАЛЬНОЙ КОНДЕНСАЦИЕЙ ВЛАГИ

Выполнена оценка влажностного режима многослойной ограждающей конструкции с мультizonальной конденсацией влаги в годовом цикле на примере реконструируемого жилого здания в Санкт-Петербурге по методике, разработанной автором. Преимуществом данной методики является то, что она позволяет определить все плоскости конденсации влаги в наиболее холодный месяц года и оценить динамику влагонакопления в этих сечениях по месяцам в течение года.

Ключевые слова: многослойная ограждающая конструкция, влажностный режим, парциальное давление водяного пара, мультizonальная конденсация влаги, влагонакопление.

Актуальной проблемой безопасности зданий и сооружений является защита от переувлажнения ограждающих конструкций [1—29]. Влагозащита оказывает существенное влияние на микроклимат помещений, теплозащитные характеристики и долговечность ограждающих конструкций [8—10]. Современные требования по защите от переувлажнения ограждающих конструкций содержатся в СНиП 23-02—2003 и СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». В этих нормативных документах оценка влажностного режима ограждающих конструкций производится по предельно допустимому состоянию увлажнения исходя из двух условий: недопустимости систематического накопления влаги за годовой период эксплуатации и ограничения приращения влаги за период влагонакопления. При этом отсутствует возможность оценки влагонакопления в ограждающих конструкциях по месяцам, т. е. в годовом цикле. Оценка влагозащитных свойств конструкции производится на основе определения плоскости максимального увлажнения (плоскости возможной конденсации). Однако алгоритм определения указанной плоскости согласно действующим нормативным документам применим только к простым конструкциям. Для ограждений с мультizonальной конденсацией влаги, широко применяемых в строительной практике, этот алгоритм дает противоречивые результаты в оценке влагозащитных свойств конструкции [21].

В данной статье выполнена оценка влажностного режима многослойной стеновой ограждающей конструкции с мультizonальной конденсацией влаги в годовом цикле на примере реконструируемого жилого здания в Санкт-Петербурге. Рассматриваемая конструкция представляет собой трехслойную кирпичную стену с эффективным утеплителем, расположенным в толще ограждения. Для повышения сопротивления теплопередаче наружной стены предусмотрено устройство дополнительного теплоизоляционного слоя со стороны помещения (рис. 1). Такое конструктивное решение обусловлено технической невозможностью утепления стены снаружи ввиду сложившегося архитектурного облика фасада здания.

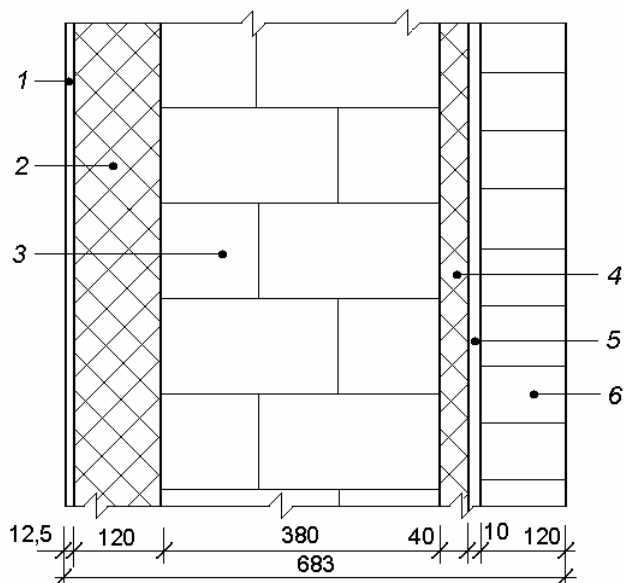


Рис. 1. Расчетная схема трехслойной наружной стены с дополнительным утеплением изнутри: 1 — внутренняя штукатурка; 2 — дополнительный слой теплоизоляции; 3 — кирпичная кладка; 4 — базовый слой теплоизоляции; 5 — технологический зазор; 6 — лицевой кирпичный слой

Рассматривается одномерный влагоперенос по механизму диффузии водяного пара при стационарных граничных условиях. Оценка влажностного режима выполнена по методике, разработанной автором настоящей статьи. Суть методики состоит в определении наиболее опасных с точки зрения влажностного режима сечений ограждения — плоскостей конденсации в зонах конденсации влаги — для наиболее холодного месяца года с последующим анализом динамики влагонакопления в этих сечениях по месяцам в течение года.

Зона конденсации влаги — участок ограждающей конструкции, на котором выполняется условие конденсации влаги: $p > p_{sat}$ (p — парциальное давление водяного пара, p_{sat} — давление насыщенного водяного пара).

Плоскость конденсации влаги — сечение ограждающей конструкции в зоне конденсации, в котором отклонение p от p_{sat} достигает максимального значения.

Для определения зон и плоскостей конденсации влаги используется аналитический расчет профилей парциального давления водяного пара и давления насыщенного водяного пара в ограждающей конструкции [22].

Исходными данными для расчета являются:

параметры наружного климата (среднемесячные значения температуры t_{ext} и относительной влажности φ_{ext} наружного воздуха);

параметры микроклимата в помещении (среднемесячные значения температуры t_{int} и относительной влажности φ_{int} внутреннего воздуха);

теплотехнические показатели материалов ограждающей конструкции, необходимые для расчета;

граничные условия.

Использованные в расчете параметры наружного климата согласно нормативным и справочным данным по строительной климатологии приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры наружного климата для расчета влажностного режима ограждающей конструкции (Санкт-Петербург)

Месяц	$t_{ext}, ^\circ\text{C}$	φ_{ext}
Январь	-6,6	0,86
Февраль	-6,3	0,84
Март	-1,5	0,78
Апрель	4,5	0,73
Май	10,9	0,66
Июнь	15,7	0,68
Июль	18,3	0,71
Август	16,7	0,77
Сентябрь	11,4	0,81
Октябрь	5,7	0,84
Ноябрь	0,2	0,87
Декабрь	-3,9	0,88

Расчет среднемесячных значений температуры и относительной влажности внутреннего воздуха выполнен отдельно для отапливаемого и неотапливаемого периодов года. Согласно СП 54.13330.2011 «Здания жилые многоквартирные» (п. 9.3) в отапливаемый период года температура внутреннего воздуха принята равной 20 °С, относительная влажность — 50 %. В неотапливаемый период года температура и относительная влажность внутреннего воздуха вычислены в зависимости от температуры наружного воздуха согласно методике международного стандарта ISO 13788 «Hygrothermal performance of building components and building elements — Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation — Calculation methods». Параметры микроклимата в помещении приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры микроклимата в помещении для расчета влажностного режима ограждающей конструкции

Месяц	$t_{int}, ^\circ\text{C}$	φ_{int}
Январь	20,0	0,5
Февраль	20,0	0,5
Март	20,0	0,5
Апрель	20,0	0,5
Май	20,5	0,51
Июнь	22,9	0,56
Июль	24,2	0,58
Август	23,4	0,57
Сентябрь	20,7	0,51
Октябрь	20,0	0,5
Ноябрь	20,0	0,5
Декабрь	20,0	0,5

Расчетные теплотехнические характеристики материалов конструкции приняты в соответствии с действующими стандартами (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Расчетные теплотехнические характеристики материалов ограждающей конструкции

№ слоя	Материал	Плотность материала в сухом состоянии ρ_0 , кг/м ³	Теплопроводность λ_B , Вт/(м·К)	Паропроницаемость μ , мг/(м·ч·Па)
1	Сухая штукатурка	800	0,21	0,075
2	Плиты минераловатные из каменного волокна	50	0,045	0,37
3	Кладка из камня пустотелого 2,1 НФ ($\rho_0 = 905$ кг/м ³) на теплоизоляционном цементно-перлитовом растворе (ГОСТ 530—2012)	937	0,36	0,16
4	Плиты минераловатные из каменного волокна	60	0,044	0,35
5	Технологический зазор	—	—	—
6	Кладка из кирпича пустотелого ($\rho_0 = 1308$ кг/м ³) на теплоизоляционном цементно-перлитовом растворе (ГОСТ 530—2012)	1390	0,46	0,14

Примечание. Термическое сопротивление технологического зазора принято равным $0,15$ м²·К/Вт.

Граничные условия тепло- и влагообмена ограждающей конструкции с окружающей средой приняты согласно ISO 13788 и справочным данным.

Сопротивление теплообмену: у наружной поверхности конструкции — $R_n^{se} = 0,04$ м²·К/Вт, у внутренней поверхности — $R_n^{si} = 0,13$ м²·К/Вт.

Сопротивление влагообмену: у наружной поверхности конструкции — $R_v^{se} = 3,7 \cdot 10^{-3}$ м²·ч·Па/мг, у внутренней поверхности — $R_v^{si} = 11,1 \cdot 10^{-3}$ м²·ч·Па/мг.

Расчет показывает, что в рассматриваемой ограждающей конструкции имеет место мультizonальная конденсация влаги в наиболее холодный месяц года (рис. 2). Зоны конденсации влаги показаны на рисунке штриховкой.

Из рис. 2 видно, что первая плоскость конденсации влаги расположена на стыке дополнительного теплоизоляционного слоя и кирпичной кладки. Координата плоскости конденсации $x_1 = 0,133$ м (с округлением), отклонение p от p_{sat} в этой плоскости максимально и равно 150 Па.

Вторая плоскость конденсации влаги находится на внутренней поверхности лицевого кирпичного слоя (рис. 2). Координата плоскости конденсации $x_2 = 0,563$ м, отклонение p от p_{sat} в этой плоскости 89 Па.

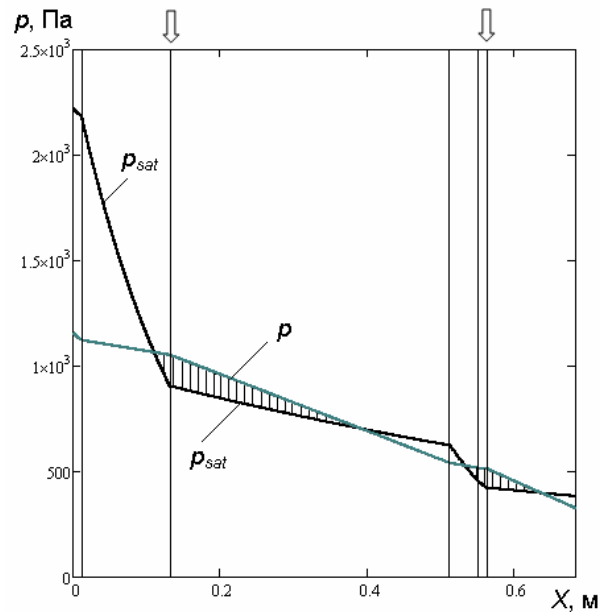


Рис. 2. Мультизональная конденсация влаги в трехслойной стене с дополнительным утеплением изнутри в наиболее холодный месяц года

Результаты расчета влажностного режима наружной стены в годовом цикле приведены в табл. 4. За начало расчета принят октябрь.

Таблица 4

Результаты расчета влажностного режима наружной стены в годовом цикле

Месяц	Первая плоскость конденсации		Вторая плоскость конденсации	
	Приращение влаги в течение месяца, кг/м ²	Количество влаги с начала расчета, кг/м ²	Приращение влаги в течение месяца, кг/м ²	Количество влаги с начала расчета, кг/м ²
Октябрь	-0,51189	0	-0,03677	0
Ноябрь	-0,13765	0	0,02972	0,02972
Декабрь	0,10023	0,10023	0,05578	0,0855
Январь	0,24553	0,34576	0,0582	0,1437
Февраль	0,20767	0,55343	0,04571	0,18941
Март	-0,03841	0,51502	-0,00174	0,18767
Апрель	-0,41293	0,10209	-0,09918	0,08849
Май	-0,86543	0	-0,30467	0
Июнь	-1,01105	0	-0,40375	0
Июль	-1,18988	0	-0,45582	0
Август	-1,08866	0	-0,30577	0
Сентябрь	-0,87352	0	-0,14164	0

Результаты расчета показывают, что в рассматриваемой ограждающей конструкции происходит влагонакопление. Максимальное приращение влаги в первой плоскости конденсации за месяц отмечается в январе

(0,24553 кг/м²), максимальное количество влаги с начала расчета — в феврале (0,55343 кг/м²). Максимальное приращение влаги во второй плоскости конденсации за месяц также отмечается в январе (0,0582 кг/м²), максимальное количество влаги с начала расчета — в феврале (0,18941 кг/м²).

Анализ годового баланса влаги показывает, что систематического влагонакопления в конструкции в течение года не происходит. В период влагонакопления отмечается прирост влаги в двух сечениях конструкции — на стыке дополнительного слоя теплоизоляции с кирпичной кладкой и на внутренней поверхности лицевого кирпичного слоя.

Кроме того, поскольку максимальное количество влаги в первой плоскости конденсации значительно превышает 200 г/м², то, согласно ISO 13788, для рассматриваемой конструкции существует риск ухудшения теплозащитных свойств и деградации строительных материалов, примыкающих к плоскости конденсации, связанный с просачиванием воды.

Таким образом, ограждающая конструкция не отвечает нормативным требованиям по защите от переувлажнения.

Ухудшение влажностного режима рассматриваемой ограждающей конструкции обусловлено размещением дополнительного теплоизоляционного слоя со стороны помещения.

Для улучшения влажностного режима с целью ограничения количества влаги в плоскости конденсации в данном случае рекомендуется устройство пароизоляции, размещаемой на внутренней поверхности дополнительного теплоизоляционного слоя.

На основании представленных выше расчетов сформулированы следующие *основные выводы*:

1. В процессе реконструкции жилых зданий при размещении дополнительного теплоизоляционного слоя со стороны помещения возможна мультizonальная конденсация влаги в ограждении. Наличие нескольких зон конденсации влаги, как правило, приводит к ухудшению влажностного режима и снижению теплозащитных свойств ограждающих конструкций. Для улучшения влажностного режима ограждающей конструкции рекомендуется устройство пароизоляции, размещаемой на внутренней поверхности дополнительного теплоизоляционного слоя.

2. В отличие от СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», разработанная автором методика дает возможность определить все плоскости конденсации влаги в ограждении в наиболее холодный месяц года, оценить динамику влагонакопления в этих сечениях по месяцам в течение года и рекомендуется для практического применения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фокин К. Ф. Расчет влажностного режима наружных ограждений. М.: Л.: ЦНИПС, 1935. 23 с.
2. Горшков А. С., Ливчак В. И. История, эволюция и развитие нормативных требований к ограждающим конструкциям // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 3(30). С. 7—37.
3. Куприянов В. Н., Сафин И. Ш. Паропроницаемость и проектирование ограждающих конструкций // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 385—390.
4. Гринфельд Г. И. Эксплуатационные характеристики автоклавного газобетона марки по средней плотности D400 // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 5(10). С. 28—57.

5. *Ватин Н. И., Горшков А. С., Глумов А. В.* Влияние физико-технических и геометрических характеристик штукатурных покрытий на влажностный режим однородных стен из газобетонных блоков // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 1(19). С. 28—33.
6. *Горшков А. С., Рымкевич П. П., Ватин Н. И.* Моделирование процессов нестационарного переноса тепла в стеновых конструкциях из газобетонных блоков // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 8(52). С. 38—48.
7. *Корниенко С. В.* Многофакторная оценка теплового режима в элементах оболочки здания // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 8(52). С. 25—37.
8. *Горшков А. С.* Оценка долговечности стеновой конструкции на основании лабораторных и натурных испытаний // Строительные материалы. 2009. № 8. С. 12—17.
9. Прогнозирование эксплуатационного срока службы стеновой конструкции из газобетона с лицевым слоем из силикатного кирпича / *А. С. Горшков, П. П. Рымкевич, И. И. Пестряков, М. В. Кнатько* // Строительные материалы. 2010. № 9. С. 49—53.
10. *Кнатько М. В., Горшков А. С., Рымкевич П. П.* Лабораторные и натурные исследования долговечности (эксплуатационного срока службы) стеновой конструкции из автоклавного газобетона с лицевым слоем из силикатного кирпича // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 8(10). С. 20—26.
11. *Корниенко С. В.* Комплексная оценка энергоэффективности и тепловой защиты зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 11(26). С. 33—48.
12. *Корниенко С. В.* Тестирование метода расчета температурно-влажностного режима ограждающих конструкций на результатах натурных измерений параметров микроклимата помещений // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 2 (28). С. 18—23.
13. *Копылова А. И., Ватин Н. И., Пестряков И. И.* Экспериментальное сравнение характеристик паропроницаемости основных строительных материалов // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 10(25). С. 98—108.
14. *Петриченко М. Р., Петроченко М. В.* Гидравлика свободноконвективных течений в ограждающих конструкциях с воздушным зазором // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 8(25). С. 51—56.
15. *Корниенко С. В.* Повышение энергоэффективности зданий за счет снижения теплопотерь через краевые зоны ограждающих конструкций // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 348—351.
16. *Корниенко С. В.* Температурно-влажностный режим наружных стен с вентилируемым фасадом // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 389—394.
17. *Корниенко С. В.* О нормировании тепловой защиты зданий с влажным и мокрым режимами // Энергобезопасность и энергосбережение. 2014. № 5. С. 19—24.
18. *Корниенко С. В.* Температурно-влажностный режим и теплозащитные свойства ограждающих конструкций с краевыми зонами // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2014. № 35(54). С. 62—69.
19. Diffusion of moisture into building materials: A model for moisture transport / *E. Litavcova, A. Korjenic, S. Korjenic, M. Pavlus, I. Sarhadov, J. Seman, T. Bednar* // Energy and Buildings. 2014. № 68. Pp. 558—561.
20. Numerical investigation for thermal performance of exterior walls of residential buildings with moisture transfer in hot summer and cold winter zone of China / *X. Liu, Y. Chen, H. Ge, P. Fazio, G. Chen* // Energy and Buildings. 2015. №93. Pp. 259—268.
21. *Корниенко С. В.* О применимости методики СП 50.13330.2012 к расчету влажностного режима ограждающих конструкций с мультizonальной конденсацией влаги // Строительство и реконструкция. 2014. № 5 (55). С. 29—37.
22. *Корниенко С. В.* Инженерная оценка влажности наружных стен // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2015. Вып. 1(37). Ст. 19. Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>
23. *Moon H. J., Ryu S. H., Kim J. T.* The effect of moisture transportation on energy efficiency and IAQ in residential buildings // Energy and Buildings. 2014. № 75. Pp. 439—446.
24. *Lelievre D., Colinart T., Glouannec P.* Hygrothermal behavior of bio-based building materials including hysteresis effects: Experimental and numerical analyses // Energy and Buildings. 2014. № 84. Pp. 617—627.
25. Hygrothermal study of lightweight concrete hollow bricks: A new proposed experimental-numerical method / *Del Coz Díaz J. J., Álvarez-Rabanal F. P., Gencel O., García Nieto P. J., Alonso-Martínez M., Navarro-Manso A., Prendes-Gero B.* // Energy and Buildings. 2014. № 70. Pp. 194—206.

26. Interior insulation for wall retrofitting — A probabilistic analysis of energy savings and hygrothermal risks / E. Vereecken, L. Van Gelder, H. Janssen, S. Roels // *Energy and Buildings*. 2015. № 89. Pp. 231—244.

27. Assessment of the actual hygrothermal performance of glass mineral wool insulation applied 25 years ago in masonry cavity walls / F. Stazi, F. Tittarelli, G. Politi, C. Di Perna, P. Munafò // *Energy and Buildings*. 2014. № 68. Part A. Pp. 292—304.

28. Hygrothermal performance of exterior walls covered with aerogel-based insulating rendering / M. Ibrahim, E. Wurtz, P. H. Biwole, P. Achard, H. Sallee // *Energy and Buildings*. 2014. № 84. Pp. 241—251.

29. Effect of the night ventilation rate on the indoor environment and air-conditioning load while considering wall inner surface moisture transfer / Y. Wang, Y. Liu, D. Wang, J. Liu // *Energy and Buildings*, 2014. № 80. Pp. 366—374.

© Корниенко С. В., 2015

Поступила в редакцию
в июне 2015 г.

Ссылка для цитирования:

Корниенко С. В. Оценка влажностного режима многослойной ограждающей конструкции с мультizonальной конденсацией влаги // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета*. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 24—33.

Об авторе:

Корниенко Сергей Валерьевич — канд. техн. наук, доцент, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

S. V. Kornienko

ASSESSMENT OF MOISTURE CONDITIONS OF A MULTI-LAYERED BUILDING ENVELOPE WITH MULTI-ZONE MOISTURE CONDENSATION

In this article the assessment of moisture condition of a multi-layered building envelope with multi-zone moisture condensation in annual cycle on the example of the reconstructed residential building in St. Petersburg by the author's methodology is executed. The method allows to determinate all moisture condensation sections in the coldest month and to define the moisture accumulation amount in these sections in annual cycle.

Key words: multi-layered building envelope, moisture conditions, vapour partial pressure, multi-zone moisture condensation, moisture accumulation.

REFERENCES

1. Fokin K. F. *Raschet vlazhnostnogo rezhima naruzhnykh ograzhdenii* [Calculation of moisture conditions of external enclosures]. Moscow, Leningrad, TsNIPS Pub., 1935. 23 p.
2. Gorshkov A. S., Livchak V. I. [History, evolution and development of regulatory requirements for enclosing structures]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenii* [Construction of Unique Buildings and Structures], 2015, 3(30), pp. 7—37.
3. Kupriyanov V. N., Safin I. Sh. [Vapor permeability and design of enclosure structures]. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and construction], 2010, no. 3, pp. 385—390.
4. Grinfel'd G. I. [Performance characteristics of autoclaved aerated concrete with density 400 kg/cub.m]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenii* [Construction of Unique Buildings and Structures], 2013, 5(10), pp. 28—57.
5. Vatin N. I., Gorshkov A. S., Glumov A. V. [Influence of physicotecnical and geometrical characteristics of plastering covering on moisture conditions of AAC-blocks homogeneous walls]. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal* [Magazine of Civil Engineering], 2011, no. 1(19), pp. 28—33.

6. Gorshkov A. S., Rymkevich P. P., Vatin N. I. [Simulation of non-stationary heat transfer processes in autoclaved aerated concrete-walls]. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal* [Magazine of Civil Engineering], 2014, no. 8(52), pp. 38—48.
7. Korniyenko S. V. [Multifactorial forecast of thermal behavior in building envelope elements]. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal* [Magazine of Civil Engineering], 2014, no. 8(52), pp. 25—37.
8. Gorshkov A. S. [Assessment of Operating Life of Wall Structure on the Basis of Laboratory and Full-Scale Tests]. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials], 2009, no. 8, pp. 12—17.
9. Gorshkov A. S., Rymkevich P. P., Pestryakov I. I., Knat'ko M. V. [Prediction of Durability of a Wall Structure Made of Gas Concrete with Silicate Brick Facing Coat]. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials], 2010, no. 9, pp. 49—53.
10. Knat'ko M. V., Gorshkov A. S., Rymkevich P. P. [Laboratory and natural researches of durability (operational service life) of the autoclaved aerocrete wall designs with the facing silicate brick layer]. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal* [Magazine of Civil Engineering], 2009, no. 8(10), pp. 20—26.
11. Korniyenko S. V. [Complex assessment of energy efficiency and thermal performance for buildings]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenii* [Construction of Unique Buildings and Structures], 2014, 11(26), pp. 33—48.
12. Korniyenko S. V. [Testing of calculation method of the enclosing structures temperature-humidity conditions on the results of indoor climate in-situ measurements]. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal* [Magazine of Civil Engineering], 2012, no. 2 (28), pp. 18—23.
13. Kopylova A. I., Vatin N. I., Pestryakov I. I. [Experimental comparison of the characteristics of water vapor permeability of the main construction materials]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenii* [Construction of Unique Buildings and Structures], 2014, no. 10(25), pp. 98—108.
14. Petrichenko M. R., Petrochenko M. V. [Hydraulics of natural convection flows in building walling with air gap]. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal* [Magazine of Civil Engineering], 2011, no. 8(25), pp. 51—56.
15. Kornienko S. V. [Increase of energy efficiency of buildings due to decrease in heat losses through regional zones of enclosure structures]. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and construction], 2010, no. 3, pp. 348—351.
16. Kornienko S. V. [Temperature moisture conditions of external walls with ventilated façade]. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and construction], 2009, no. 5, pp. 389—394.
17. Kornienko S. V. [About thermal shield rating for buildings with humid and wet conditions]. *Energobezopasnost' i energosbereazhenie* [Energy Safety and Energy Economy], 2014, no. 5, pp. 19—24.
18. Kornienko S. V. [Temperature and humidity conditions and thermal properties of enclosing structures with edge zones]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2014, no. 35(54), pp. 62—69.
19. Litavcova E., Korjenic A., Korjenic S., Pavlus M., Sarhadov I., Seman J., Bednar T. Diffusion of moisture into building materials: A model for moisture transport. *Energy and Buildings*, 2014, no. 68, pp. 558—561.
20. Liu X., Chen Y., Ge H., Fazio P., Chen G. Numerical investigation for thermal performance of exterior walls of residential buildings with moisture transfer in hot summer and cold winter zone of China. *Energy and Buildings*, 2015, no. 93, pp. 259—268.
21. Korniyenko S. V. [About applicability of SP 50.13330.2012 method to calculation of a moisture conditions of enclosing structures with multi-zone moisture condensation]. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya* [Building and Reconstruction], 2014, no. 5(55), pp. 29—37.
22. Kornienko S. V. [Engineering assessment of humidity on external walls]. *Internet-Vestnik VolgGASU*. 2015, no. 1(37), paper 19. URL: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>
23. Moon H. J., Ryu S. H., Kim J. T. The effect of moisture transportation on energy efficiency and IAQ in residential buildings. *Energy and Buildings*, 2014, no. 75, pp. 439—446.
24. Lelievre D., Colinart T., Glouannec P. Hygrothermal behavior of bio-based building materials including hysteresis effects: Experimental and numerical analyses. *Energy and Buildings*, 2014, no. 84, pp. 617—627.
25. Del Coz Díaz J. J., Álvarez-Rabanal F. P., Gencel O., García Nieto P. J., Alonso-Martínez M., Navarro-Manso A., Prendes-Gero B. Hygrothermal study of lightweight concrete hollow bricks: A new proposed experimental-numerical method. *Energy and Buildings*, 2014, no. 70, pp. 194—206.

26. Vereecken E., Van Gelder L., Janssen H., Roels S. Interior insulation for wall retrofitting — A probabilistic analysis of energy savings and hygrothermal risks. *Energy and Buildings*, 2015, no. 89, pp. 231—244.

27. Stazi F., Tittarelli F., Politi G., Di Perna C., Munafò P. Assessment of the actual hygrothermal performance of glass mineral wool insulation applied 25 years ago in masonry cavity walls. *Energy and Buildings*, 2014, no. 68, part A, pp. 292—304.

28. Ibrahim M., Wurtz E., Biwole P. H., Achard P., Sallee H. Hygrothermal performance of exterior walls covered with aerogel-based insulating rendering. *Energy and Buildings*, 2014, no. 84, pp. 241—251.

29. Wang Y., Liu Y., Wang D., Liu J. Effect of the night ventilation rate on the indoor environment and air-conditioning load while considering wall inner surface moisture transfer. *Energy and Buildings*, 2014, no. 80, pp. 366—374.

For citation:

Kornienko S. V. [Assessment of moisture conditions of a multi-layered building envelope with multi-zone moisture condensation]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 24—33.

About author:

Kornienko Sergei Valer'evich — Candidate of Engineering Science, Docent, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 693.554-486

М. И. Жаворонков

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗРУШЕНИЯ И МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ФИБРОБЕТОНА

Выполнено в соответствии с планом НИР № 7.546.2011 «Развитие фундаментальных основ и практических принципов получения строительных конструкций повышенной эксплуатационной надежности и безопасности (применительно к уникальным зданиям и сооружениям)» по государственному заданию (рег. № 01201257464).

Описывается методика и прибор оригинальной конструкции, позволяющий определять энергетические характеристики разрушения фибробетонных образцов, представлены диаграммы зависимости деформаций (прогибов) от прилагаемых нагрузок, построенные при испытании образцов, изготовленных с применением различных видов фибры, которые наглядно демонстрируют некоторые механизмы разрушения. Представлены значения модуля упругости, определенные с применением оригинальной методики.

Ключевые слова: фибробетон, трещиностойкость, вязкость разрушения, модуль упругости, аморфная металлическая фибра.

В настоящее время на кафедре технологии строительных материалов и метрологии Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета продолжается исследование свойств фибробетона, изготовленного с применением аморфной металлической фибры.

Аморфная фибра представляет собой отрезки лент определенной длины толщиной 100...200 мкм и шириной 2...3 мм. Основная особенность аморфных материалов заключается в отсутствии порядка в их кристаллической структуре. В металлах такого эффекта удалось добиться быстрым охлаждением расплава. Расплавленный металл с различными легирующими добавками выливается на охлаждаемую подложку и отверждается, не успевая приобрести упорядоченную кристаллическую решетку.

Фибробетон — это композиционный материал, представляющий собой бетонную матрицу, по всему объему которой равномерно распределены дискретные волокна (фибры).

Существует большое количество различных видов фибр, имеющих различные свойства и характеристики, но, несмотря на все имеющееся многообразие, все волокна можно классифицировать по двум типам. Классификация производится в зависимости от модуля упругости волокон и сравнения его с модулем упругости бетонной матрицы. Таким образом, выделяются две категории: волокна, имеющие низкий по сравнению с бетоном модуль упругости, то есть низкокомодульные, и волокна с высоким по сравнению с бетоном модулем упругости, то есть высококомодульные. Введение в состав бетона низкокомодульных или высококомодульных волокон не может не влиять на модуль упругости получаемого фибробетона.

Большое значение для расчета конструкций и оценки их поведения под нагрузкой имеют величины предельных деформаций, при которых начинается разрушение бетона.

Существует ГОСТ 24452 «Методы определения призмной прочности модуля упругости и коэффициента Пуассона». Методика ГОСТ 24452 позволяет определить модуль упругости расчетным путем, в котором участвуют величины относительных продольных деформаций образца.

В соответствии с данной методикой образец — балка, размеры которой подбираются исходя из значений максимальной крупности заполнителя, устанавливается в прессе вертикально, и к ней прикладывается сжимающая нагрузка. В ходе испытания контролируется нагрузка, время и деформации образца.

ГОСТ 24452 предлагает использовать в качестве измерителей деформаций механические тензометры Аистова или тензорезисторы.

В начале испытания образец с установленными датчиками ставится в пресс, с тензометров снимаются показания, представляющие собой начало отсчета или так называемый «условный нуль», далее к образцу прикладывается нагрузка, соответствующая 30 % предполагаемой разрушающей, и стабилизируется, далее снимаются показания тензометров, после этого следует выдержать образец под нагрузкой в течение 5 мин и далее еще раз снять показания тензометров.

Разница в показаниях тензометров до и после приложения нагрузки расчетным путем преобразовывается в величины продольных деформаций.

При расчете модуля упругости следует использовать среднее значение деформаций по всем тензометрам с четырех образцов.

Из вышеописанного ясно, что в ходе испытания одного образца показания четырех тензометров требуется снимать не менее трех раз, образцов должно быть четыре, и при наличии нескольких серий образцов показаний становится так много, что ведение безошибочного контроля деформаций оказывается достаточно трудоемким.

Наиболее полно фибробетон проявляет свои свойства при работе на растяжение при изгибе, разумно предположить, что и испытывать его следует в том положении, в каком он будет работать в конструкции.

Не меньшее влияние оказывает введение фибры на силовые и энергетические характеристики трещиностойкости, которые можно определить, используя методику, описанную в ГОСТ 29167 [1—3].

В ГОСТ 29167 описывается методика проведения испытаний образцов и обработки полученных данных. Испытанию подвергается образец — балка. Образец испытывается на прочность на растяжение при трехточечном изгибе, в ходе испытания непрерывно контролируется прикладываемая нагрузка и прогиб образца, вызванный действием этой нагрузки. После проведения испытания строится диаграмма зависимости прогибов от прикладываемых нагрузок, и далее по полученной диаграмме расчетным путем определяются энергетические и силовые характеристики трещиностойкости.

В ГОСТ 29167 указываются требования к точности измерительного оборудования: так, например, прогибы образца должны контролироваться с погрешностью, не превышающей 0,01 мм. Очевидно, что в ряде случаев для достоверной оценки свойств материала такой точности может оказаться недостаточно.

Из вышеупомянутого можно сделать вывод, что в случае исследования свойств фибробетона некоторые существующие методики могут не давать

достаточно точных данных. Поэтому было принято решение создать прибор, позволяющий определять модуль упругости и характеристики трещиностойкости, и применить его при испытании фибробетонных образцов.

Прибор устанавливается в пресс, и с помощью упоров обеспечивается четырехточечный изгиб образцов-балок. На нижнюю грань образца приклеен тензорезистор. Данные о деформациях образца, полученные с помощью этого тензорезистора, можно расчетным путем преобразовать в его прогиб. Такой способ контроля прогиба исключает влияние такого фактора, как вдавление упоров в образец. В отличие от трехточечного, при четырехточечном изгибе вследствие постоянства изгибающего момента между точками приложения нагрузки создаются условия, при которых получаемые результаты испытаний правильно характеризуют материал и не зависят от возможных неоднородностей образца в области максимального изгибающего момента.

В приборе предусмотрен датчик, позволяющий контролировать нагрузку, прилагаемую к образцу. Также в приборе используется цифровой штангенциркуль, позволяющий контролировать прогибы образца с точностью, составляющей 0,01 мм. Несложное схемотехническое решение позволяет опрашивать датчики и штангенциркуль в ходе испытаний и отправлять эти данные в компьютер (рис. 1).



Рис. 1. Прибор для построения диаграмм разрушения образцов

Далее по полученным данным строится диаграмма зависимости прогибов от прилагаемых нагрузок. При этом участок диаграммы, описывающий упругие деформации, строится по данным, полученным с тензорезистора, а участок пластических деформаций — по данным штангенциркуля.

Далее по полученной диаграмме можно рассчитать силовые и энергетические характеристики трещиностойкости, используя методику, описанную в ГОСТ 29167.

Тензорезистор позволяет получить достаточно точные данные об упругих деформациях образца, которые можно преобразовать в прогиб этого образца. Имея данные о прогибе и нагрузке, можно расчетным путем определить модуль упругости испытываемого образца.

Такой метод определения модуля упругости исключает трудоемкий процесс центрирования образца и вообще значительно ускоряет и упрощает испытание.

Метод определения упругости при изгибе описан в ГОСТ 9550 «Пластмассы. Методы определения модуля упругости при растяжении, сжатии и изгибе». Также во ВНИИКРнефти была разработана методика определения модуля упругости тампонажного камня [4], в этих методиках измеряется прогиб образца. Метод определения модуля упругости при изгибе с использованием тензорезистора описан в ГОСТ 25485. Данный ГОСТ распространяется на ячеистые бетоны. От описанных в имеющихся методиках данный прибор отличается большей универсальностью, так как позволяет контролировать, кроме упругих, еще и пластические деформации.

В описываемом исследовании была предпринята попытка определить модуль упругости и характеристики трещиностойкости фибробетона, изготовленного с применением аморфной металлической фибры, при разном ее объемном содержании. Также планировалось испытать образцы, изготовленные с применением других видов фибр.

В данном исследовании были применены следующие виды фибр:

фибра стальная проволочная волнового профиля производства Белорусского металлургического завода;

фибра аморфнометаллическая производства ООО «Химмет»;

фибра полипропиленовая «Kalcifil S» длиной 12 мм и диаметром 25 мкм.

В качестве матрицы было принято решение использовать мелкозернистый бетон, позволивший добиться высокой степени дисперсности распределения использованных волокон. Состав бетонной смеси, использованный при изготовлении всех образцов, был одинаков: Ц:П = 1:2 при В:Ц = 0,32 и расходе добавки суперпластификатора 0,7 % от массы цемента.

Испытаниям подвергались образцы-балки, размеры которых подбирались в соответствии с требованиями ГОСТ 29167 равными 7×7×28 см.

В табл. приведены значения энергетических и силовых характеристик трещиностойкости и модуля упругости.

Характеристики трещиностойкости и модуль упругости

Характеристика трещиностойкости	Вид фибры / объемное содержание						Без фибры
	Kalcifil / 1 %	Kalcifil / 0,5 %	Аморфная / 2 %	Аморфная / 1 %	Проволока / 2 %	Проволока / 1 %	
G_i — удельные энергозатраты на статическое разрушение до момента начала движения магистральной трещины, Дж/м ²	0,16	0,25	0,64	0,48	0,36	0,28	0,32
G_f — удельные эффективные энергозатраты на статическое разрушение, кДж/м ²	0,67	0,79	1,59	0,55	8,99	5,28	0,001

Окончание табл.

Характеристика трещиностойкости	Вид фибры / объемное содержание						
	Kalcifil / 1 %	Kalcifil / 0,5 %	Аморфная / 2 %	Аморфная / 1 %	Проволока / 2 %	Проволока / 1 %	Без фибры
K_c — условный критический коэффициент интенсивности напряжений, МПа·м ^{0,5}	0,34	0,40	0,63	0,53	0,48	0,43	0,41
Средняя плотность, кг/м ³	2160	2150	2320	2230	2230	2120	2110
Модуль упругости, МПа·10 ³	39	41	46	44	45	42	31

Далее представлены диаграммы зависимости прогибов от прилагаемых нагрузок, построенные в ходе испытаний образцов, армированных проволоочной фиброй (рис. 2).

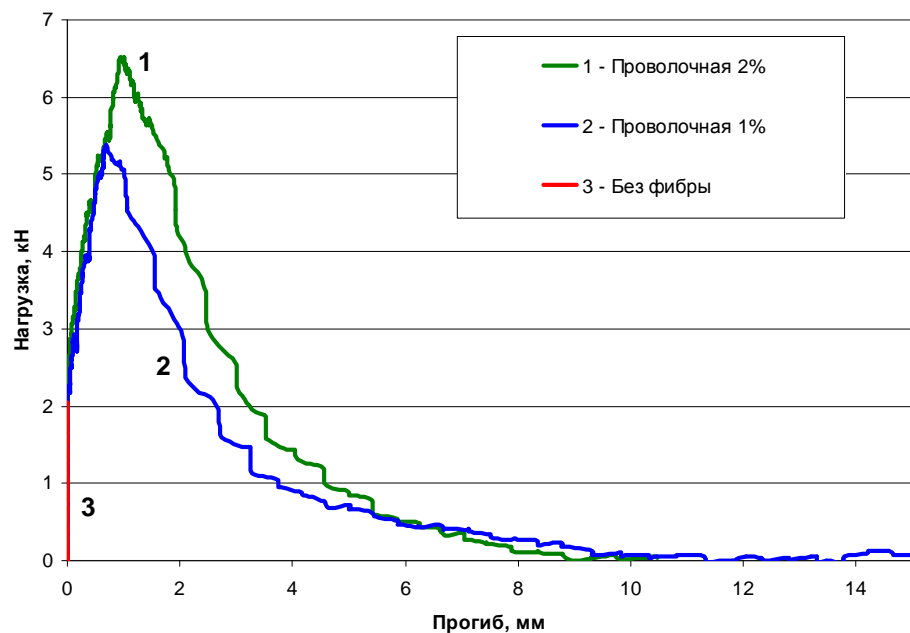


Рис. 2. Диаграмма разрушения образцов, армированных проволоочной фиброй

По данным диаграммам можно производить расчет энергетических и силовых характеристик разрушения материала. На одном из этапов расчета требуется определить энергозатраты на процессы, протекающие до образования магистральной трещины. Это подразумевает определение прогибов, соответствующих упругим деформациям образца. На рис. 3 представлена диаграмма разрушения образцов, армированных проволоочной фиброй, масштаб которой увеличен для более детального рассмотрения зоны упругих деформаций.

На рисунках также представлена диаграмма разрушения неармированного, контрольного, образца. По диаграммам видно, что прогибы армированных образцов при одинаковых с контрольным нагрузках оказываются несколько меньшими. Это свидетельствует о некотором повышении модуля упругости, что можно объяснить тем, что введенная в состав бетона фибра некоторым образом модифицирует ее структуру. Во-первых, на макроуровне присутствие волокон, беспорядочно ориентированных по всему объему образца, ограничивает его деформации, во-вторых, на микроуровне вдоль всей поверхности волокон образуется контактная зона, обладающая более высокой твердостью и прочностью, такие зоны создают, как и фибра, микрокаркас, который также ограничивает деформации всего материала. Деформации образца уменьшаются с увеличением содержания проволочной фибры и увеличиваются с увеличением содержания синтетической фибры. Следует отметить также тот факт, что образование трещин в сталефибробетонных образцах начиналось при более высоких нагрузках, чем у контрольного. Данная особенность прослеживается по величине энергозатрат на разрушение до момента начала движения магистральной трещины.

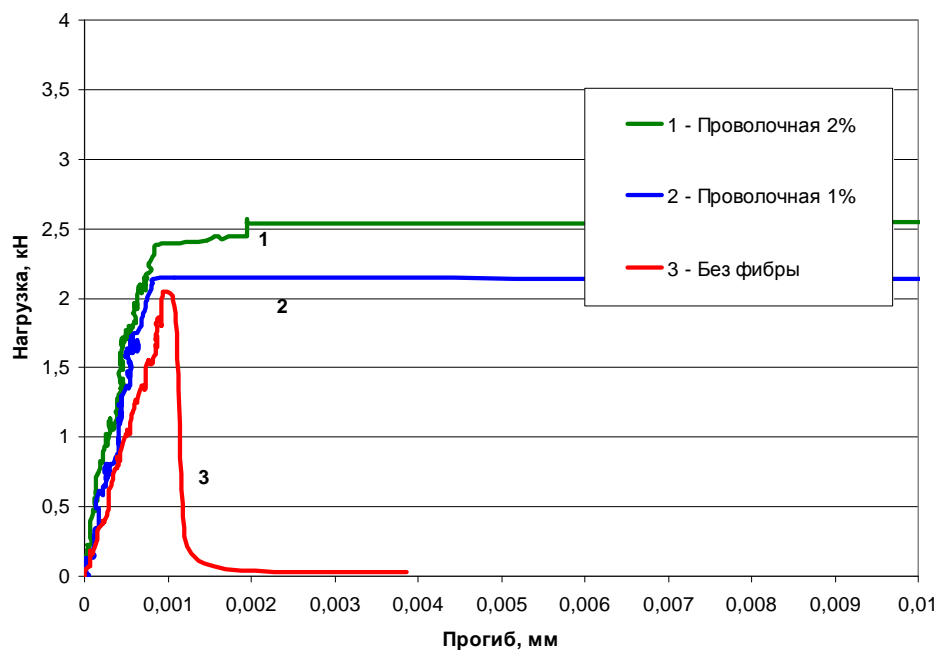


Рис. 3. Упругие деформации образцов, армированных проволочной фиброй

После образования трещин напряжения в фибробетоне, армированном стальной проволочной фиброй, перераспределяются таким образом, что работать начинают преимущественно волокна. Они начинают вытягиваться из образца, причем данный процесс протекает при повышающейся нагрузке. В определенный момент фибра вытягивается из образца настолько, что прекращает воспринимать прилагаемую нагрузку, после чего прогиб увеличивается уже при понижающейся нагрузке. Этот процесс в значительной степени влияет на энергозатраты на статическое разрушение.

Диаграммы разрушения фибробетона, изготовленного с использованием синтетической фибры «Kalcifil S», представлены на рис. 4.

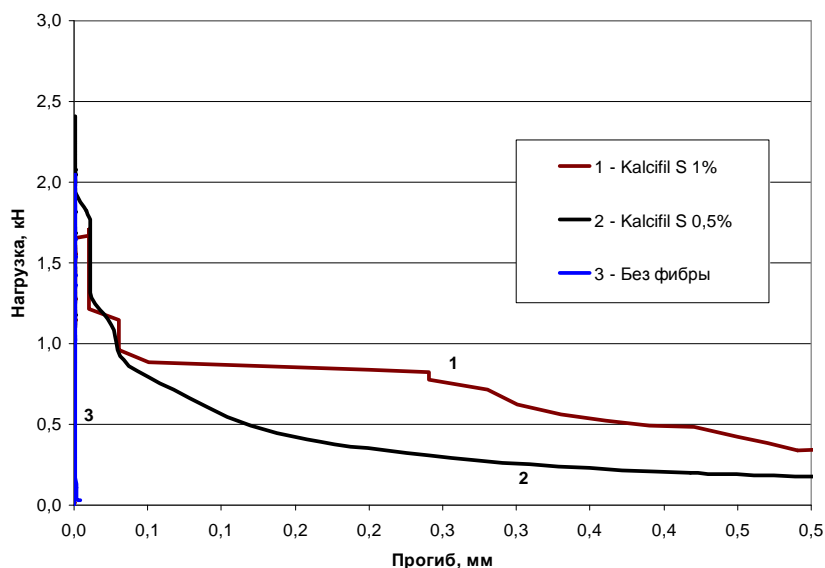


Рис. 4. Диаграмма разрушения образцов, армированных синтетической фиброй

На рис. 5 также представлены диаграммы разрушения этих образцов, но в большем масштабе, для более детального рассмотрения зоны упругих деформаций.

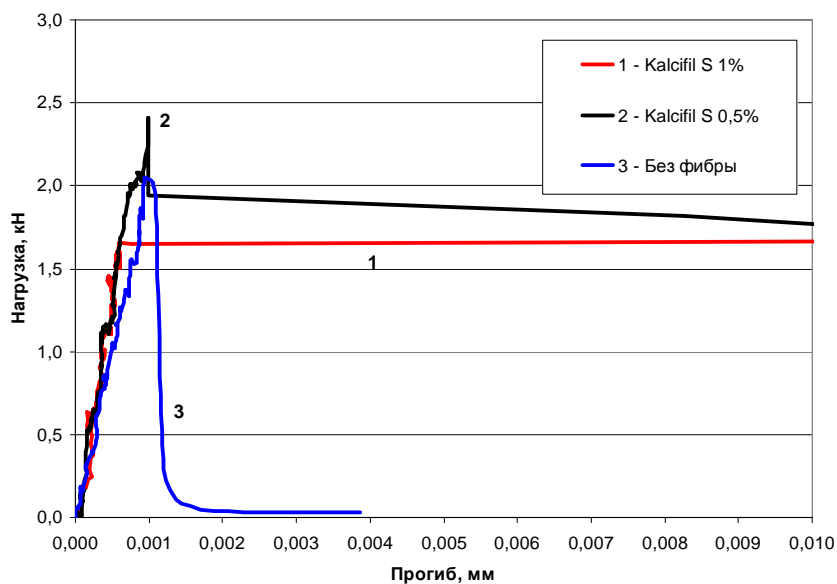


Рис. 5. Упругие деформации образцов, армированных синтетической фиброй

По диаграммам видно некоторое уменьшение прогибов при упругом деформировании по сравнению с контрольным образцом, что говорит о том,

что и низко модульная синтетическая фибра может способствовать повышению модуля упругости фибробетона.

По диаграммам видно, что образование магистральной трещины происходит при нагрузке, близкой к разрушающей нагрузке контрольного образца. После этого нагрузка понижается с увеличением прогиба. При небольшом раскрытии магистральной трещины волокна задействованы в процессе разрушения не в полной мере, однако при увеличении раскрытия трещины увеличивается и количество волокон, вступающих в работу. При этом наблюдается повышение нагрузки. Эти особенности прослеживаются и по величинам энергозатрат на соответствующих этапах деформирования и разрушения. На рис. 6 представлены диаграммы разрушения фибробетонных образцов, изготовленных с применением аморфной металлической фибры.

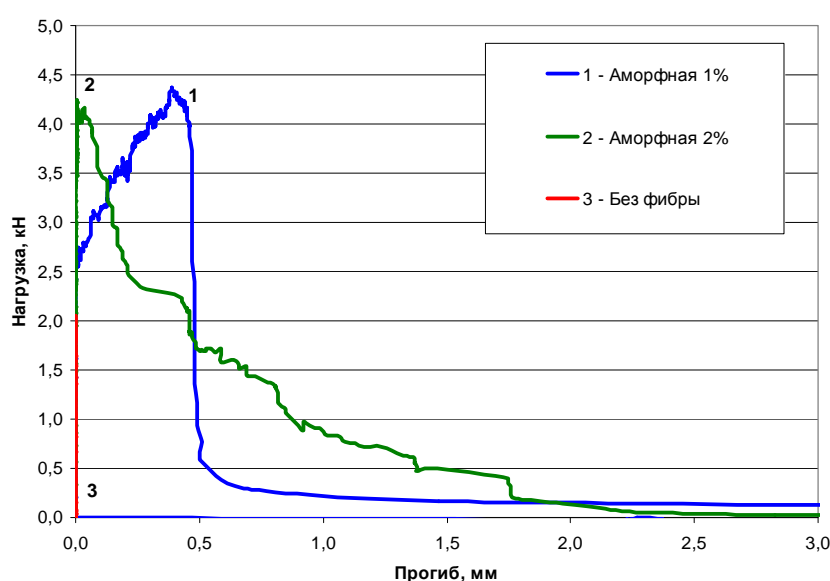


Рис. 6. Диаграмма разрушения образцов, армированных аморфнометаллической фиброй

На рис. 7 представлены диаграммы разрушения образцов, армированных аморфнометаллической фиброй, но в масштабе, позволяющем рассматривать зону упругих деформаций более детально.

Аморфная металлическая фибра за счет своей геометрии и развитой боковой поверхности имеет значительную анкеровку в бетоне. Также такая фибра имеет более высокий модуль упругости, чем стальные волокна. Эти особенности способствуют повышению модуля упругости фибробетона, изготовленного с применением такого вида фибры. По диаграммам видно, что образование трещин происходит при нагрузке, значительно превышающей разрушающую нагрузку контрольного образца, что подтверждается энергозатратами на разрушение до образования магистральной трещины.

После образования трещин происходит обрыв большей части волокон. Значительного увеличения вязкости разрушения, по сравнению с неармированным образцом, не наблюдается.

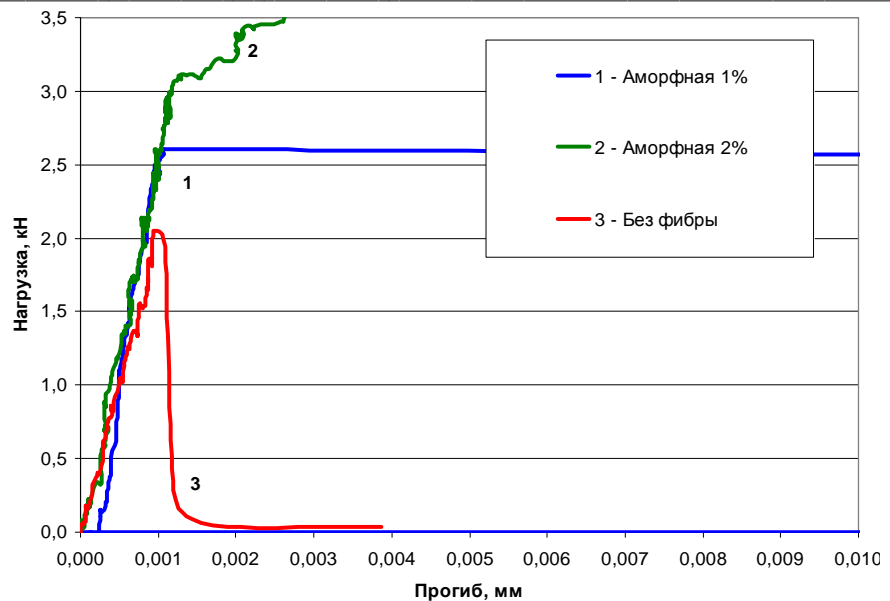


Рис. 7. Упругие деформации образцов, армированных аморфнометаллической фиброй

По полученным данным можно сказать, что стальная проволочная фибра не дает значительного увеличения энергозатрат на упругое деформирование, однако значительно повышает вязкость разрушения фибробетона, изготовленного на ее основе.

Модуль упругости такого композита повышается с увеличением содержания волокон. Притом даже небольшого количества фибры достаточно для значительного увеличения модуля упругости, при дальнейшем увеличении ее количества модуль упругости повышается, но в меньшей степени. То же можно сказать и о синтетической фибре, за исключением того факта, что увеличение количества такой фибры снижает модуль упругости. Аморфная металлическая фибра значительно отличается от перечисленных тем, что не оказывает заметного влияния на вязкость разрушения, однако значительно увеличивает модуль упругости и повышает энергозатраты на деформирование и разрушение до начала движения магистральной трещины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследование свойств сталефибробетона на основе аморфной металлической фибры / У. Х. Магдеев, Ю. В. Пухаренко, В. И. Морозов, Д. А. Пантелеев, М. И. Жаворонков // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2013. Вып. 31(50). Ч. 2. С. 132—135.
2. Пухаренко Ю. В., Голубев В. Ю. О вязкости разрушения фибробетона // Вестник гражданских инженеров. 2008. № 3(16). С. 80—83.
3. Пухаренко Ю. В. Принципы формирования структуры и прогнозирование прочности фибробетонов // Строительные материалы. 2004. № 10. С. 47—50.
4. Булатов А. И. Формирование и работа цементного камня в скважине. М.: Недра. 368 с.

© Жаворонков М. И., 2015

Поступила в редакцию
в сентябре 2015 г.

Ссылка для цитирования:

Жаворонков М. И. Определение характеристик разрушения и модуля упругости // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 34—43.

Об авторе:

Жаворонков Михаил Ильич — аспирант кафедры технологий строительных материалов и метрологии, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Российская Федерация, Санкт-Петербург, 190005, ул. Красноармейская, 4, Sith07@list.ru

M. I. Zhavoronkov

DETERMINATION OF CHARACTERISTICS OF THE DESTRUCTION AND MODULUS OF ELASTICITY OF FIBER-REINFORCED CONCRETE

Carried out in accordance with R&D plan no. 7.546.2011 "Development of fundamental bases and practical principles of receiving construction designs of the increased operational reliability and safety (with regard to unique buildings and constructions)" by the state order (registration no. 01201257464).

This paper describes the method and device of an original design, which allows to determine the energy characteristics of the destruction of fiber concretes samples. It presents the diagrams of dependence of the deformation (deflection) on the applied loads, formed during the test of samples produced using different types of fibers that demonstrate some of the mechanisms of destruction. The article represents the modulus of elasticity determined using the original method.

Key words: fiber-reinforced concrete, crack resistance, fracture toughness, modulus of elasticity, amorphous metal fiber.

REFERENCES

1. Magdeev U. Kh., Pukhareno Yu. V., Morozov V. I., Panteleev D. A., Zhavoronkov M. I. [Investigation of properties of steel fiber concrete based on amorphous metal fiber]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2013, iss. 31(50), pt. 2, pp. 132—135.
2. Pukhareno Yu. V., Golubev V. Yu. [On crack resistance of fiber concrete]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers], 2008, no. 3(16), pp. 80—83.
3. Pukhareno Yu. V. [Principles of formation of the structure and forecasting of the strength of fibre concrete]. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials], 2004, no. 10, pp. 47—50.
4. Bulatov A. I. *Formirovanie i rabota tsementnogo kamnya v skvazhine* [Formation and operation of cement stone in a well]. Moscow, Nedra Publ. 368 p.

For citation:

Zhavoronkov M. I. [Determination of characteristics of the destruction and modulus of elasticity of fiber-reinforced concrete]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 34—43.

About author:

Zhavoronkov Mikhail Il'ich — Postgraduate student of Construction Materials Technology and Metrology Department, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russian Federation, Saint Petersburg, 190005, 4, Krasnoarmeiskaya St., Sith07@list.ru

УДК 539.32

Д. А. Пантелеев

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

ДЕФОРМАТИВНЫЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИАРМИРОВАННОГО ФИБРОБЕТОНА

Выполнено в соответствии с планом НИР № 7.546.2011 «Развитие фундаментальных основ и практических принципов получения строительных конструкций повышенной эксплуатационной надежности и безопасности (применительно к уникальным зданиям и сооружениям)» по государственному заданию (рег. № 01201257464).

Приведены результаты сравнительных испытаний прочности на растяжение при изгибе, призмной прочности и модуля упругости фибробетонных образцов. Экспериментально доказано, что за счет применения полиармирования возможно добиться улучшения деформативных и прочностных характеристик фибробетона.

Ключевые слова: фибробетон, полиармирование, призмная прочность, модуль упругости, аморфнометаллическая фибра.

В настоящее время в строительстве все большее развитие получает такой актуальный на сегодняшний день материал, как фибробетон, который повышает прочностные и деформативные характеристики материала. Однако при этом останавливаются на применении моноармированных фибробетонов, управление свойствами которых достаточно ограничено, тогда как полиармирование дает возможность управлять целым комплексом свойств композита.

Полиармированный фибробетон — это материал, содержащий два и более разных по составу или (и) геометрическим параметрам армирующих компонента, равномерно распределенных в матрице относительно друг друга. Целью полиармирования является создание такого материала, который бы сохранял преимущества и исключал недостатки композита при моноармировании.

Проведенные ранее исследования [1, 2] показали, что использование полидисперсного армирования позволяет управлять свойствами композиционных материалов. Упругопластические и геометрические параметры разных фибр, их прочность сцепления с бетонной матрицей композита оказывают значительное влияние на свойства фибробетона, в связи с чем можно сделать вывод о перспективности использования полиармирования.

На кафедре технологии строительных материалов и метрологии СПбГАСУ продолжают исследования эффективности полидисперсного армирования фибробетонов. Ранее [3] были исследованы прочностные характеристики фибробетонов, целью настоящей работы является исследование деформативных характеристик — таких как модуль упругости, которые, несмотря на то что область применения фибробетона в значительной степени зависит от его упругих свойств, изучены, на данный момент, недостаточно полно. Литературный обзор показал, что существующие теоретические и экспериментальные результаты исследования деформативности фибробетона довольно противоречивы

и имеют большой разброс значений. Так, в одних работах ученые настаивают на том, что введение волокна крайне незначительно влияет на модуль упругости бетона [4, 5], а в других утверждают об увеличении модуля упругости вплоть до 50 % [6].

В [7] установлено, что при нагружении конструкций до исчерпания их несущей способности, при условии прочного сцепления фибры с бетоном, модуль упругости фибробетона меняется незначительно, за счет разгрузки фибр, перераспределения деформаций и напряжений между бетоном и армирующим волокном. Это значит, что при любом уровне нагрузок можно иметь дело только с начальным значением модуля упругости композита. Важным условием для заметного влияния фибр на модуль упругости фибробетона является обеспечение надежного сцепления фибр с бетонной матрицей композита.

При проведении экспериментальных исследований был использован портландцемент марки ПЦ 500 Д0 производства ОАО «Осколцемент». В качестве мелкого заполнителя применялся кварцевый песок с модулем крупности $M_{кр} = 2,34$. Для регулирования подвижности бетонных смесей использовался суперпластификатор Schomburg Remicrete SP-10 (FM) — это высокоэффективный пластификатор на основе полиэфиркарбоксилата.

Для дисперсного армирования бетонов применялись:

фибра стальная проволочная волнового профиля производства Белорусского металлургического завода;

фибра аморфнометаллическая производства ООО «Химмет»;

фибра полимерная макросинтетическая «BarChip».

Геометрические и физические параметры армирующих волокон представлены в табл. 1.

Таблица 1

Геометрические и физические параметры армирующих волокон

Вид фибры	Эквивалентный диаметр, мм	Длина, мм	Плотность материала, г/см ³
Стальная	0,3	22	7,8
Аморфнометаллическая	0,3	37	7,8
Полимерная	0,9	54	0,9

Для получения фибробетонных образцов использовался мелкозернистый бетон, что позволило обеспечить высокую степень дисперсности армирования. Образцы, изготовленные в ходе исследования, имели одинаковый состав матрицы: Ц:П = 1:2 при В:Ц = 0,32 и расходе добавки суперпластификатора 0,7 % от массы цемента.

Приготовление фибробетонной смеси осуществлялось в лабораторном смесителе БЛ-10 принудительного действия в течение 2 мин при следующей очередности загрузки компонентов: песок, портландцемент и вода с растворенной в ней добавкой суперпластификатора. По готовности цементно-песчаного раствора в него вводилась фибра, и перемешивание продолжалось до обеспечения равномерного распределения фибры по всему объему замеса. Для уплотнения смесей в процессе формования образцов применялась стандартная виброплощадка; время вибрирования, в зависимости от вида и количества вводимой фибры, составляло 30...90 с.

Из приготовленных фибробетонных смесей были изготовлены образцы-призмы квадратного сечения с размером 70×70×280 мм. Каждая серия состояла из 4 образцов. Тепловлажностная обработка осуществлялась в пропарочной камере при температуре изотермической выдержки 80 °С по следующему режиму:

- подъем температуры — 3 ч;
- изотермическая выдержка — 6 ч;
- охлаждение в закрытой камере — 15 ч.

После этого образцы выдерживались в естественно-воздушных условиях в течение 14 сут.

Далее была определена средняя плотность фибробетонных образцов, после чего они подверглись испытаниям по определению призмной прочности и модуля упругости в соответствии с ГОСТ 24452-80 «Бетоны. Методы определения призмной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона».

На первом этапе работы комбинированию подверглась высокомодульная фибра: аморфнометаллическая и стальная. В ходе эксперимента уменьшалось количество стальной фибры за счет увеличения количества аморфнометаллической, при этом общий расход волокон оставался неизменным и составлял 2 % по объему. Результаты испытаний фибробетонных образцов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты испытаний образцов, армированных стальной и аморфнометаллической фиброй

Вид фибры	Содержание фибры по объему, %	Средняя плотность, кг/м ³	Призмная прочность, МПа	Прочность на растяжение при изгибе, МПа	Модуль упругости, МПа
Неармированный	—	2249	45,5	8,12	31643
Стальная	2,0	2388	62,9	17,21	40654
Аморфнометаллическая	0,1	2392	63,2	18,57	40837
Стальная	1,9	2386	62,8	17,91	41030
Аморфнометаллическая	0,3	2383	62,2	19,93	41327
Стальная	1,7	2379	61,5	21,2	41771
Аморфнометаллическая	0,5	2373	60,4	21,55	42000
Стальная	1,5	2369	58,5	22,52	42575
Аморфнометаллическая	0,7				
Стальная	1,3				
Аморфнометаллическая	1,0				
Стальная	1,0				
Аморфнометаллическая	1,3				
Стальная	0,7				

Окончание табл. 2

Вид фибры	Содержание фибры по объему, %	Средняя плотность, кг/м ³	Призменная прочность, МПа	Прочность на растяжение при изгибе, МПа	Модуль упругости, МПа
Аморфнометаллическая Стальная	1,5 0,5	2365	58,2	22,21	42911
Аморфнометаллическая Стальная	1,7 0,3	2361	55,9	21,85	43427
Аморфнометаллическая Стальная	1,9 0,1	2359	52,5	21,8	43627
Аморфнометаллическая	2,0	2351	52,3	21,73	43945

Модуль упругости рассчитан с учетом экспериментальных данных, которые получены при помощи механических тензометров (рис. 1). Тензометры для измерения деформаций образцов устанавливались по всем четырем граням, развернутым на 90°.



Рис. 1. Испытание фибробетонных призм для определения деформаций

Модуль упругости E_{σ} вычислялся для каждого образца при уровне нагрузки, равной 30 % от разрушающей, по формуле:

$$E_{\sigma} = \frac{\sigma_1}{\varepsilon_{1y}} = \frac{P_1}{F(\varepsilon_1 - \sum \varepsilon_{1n})},$$

где σ_1 — приращение напряжения от условного нуля до уровня внешней нагрузки, равной 30 % от разрушающей; P_1 — приращение внешней нагрузки; ε_{1y} — приращение упругомгновенной относительной продольной деформации образца, соответствующее уровню нагрузки $P_1 = 0,3P_p$ и измеренное в начале каждой ступени ее приложения; ε_1 — приращение полных относительных продольных деформаций образца, соответствующее уровню нагрузки $P_1 = 0,3P_p$ и измеренное в конце ступени ее приложения; $\sum \varepsilon_{1n}$ — приращение относительных продольных деформаций быстроснатекающей ползучести, полученной при выдержке нагрузки на ступенях нагружения до уровня нагрузки $P_1 = 0,3P_p$.

По результатам испытаний можно сделать следующие выводы:

1. Несмотря на одинаковую среднюю плотность материала, из которого было приготовлено аморфнометаллическое и стальное волокно, образцы, армированные стальной фиброй, имеют среднюю плотность более высокую, чем образцы, армированные аморфной металлической. Вероятнее всего, это связано с трудностью равномерного распределения аморфнометаллического волокна в заданном объеме бетона и создания плотной упаковки составляющих матрицы в системе «дисперсная арматура — бетон».

2. За счет армирования бетона аморфнометаллической и стальной фиброй в количестве 2 % по объему можно повысить модуль упругости бетона в 1,3 и 1,4 раза, призмную прочность в 1,2 и 1,3 раза, прочность на растяжение при изгибе в 2,1 и 2,7 раза.

3. При уменьшении количества стальной фибры за счет увеличения аморфной металлической модуль упругости фибробетона повышается. На рис. 2 представлен график зависимости модуля упругости от объемного содержания комбинации аморфной и стальной фибры. Так, общий расход волокна был постоянен $\mu_{\text{общ}} = 2\%$ по объему, а количество стальной фибры (n) уменьшалось за счет увеличения количества аморфнометаллической.

4. Использование полиармирования за счет разности свойств волокон и их поведения в бетонной матрице композита дает возможность управлять целым комплексом свойств фибробетона, влияя в большую или меньшую сторону на ту или иную характеристику. Так, образцы, армированные аморфнометаллической фиброй, имеющей хорошее сцепление с матрицей композита, показывают большие значения при испытаниях прочности на растяжение при изгибе и модуля упругости, нежели образцы, армированные стальной фиброй, которая способствует увеличению призмной прочности.

На втором этапе была использована комбинация высокомодульного и низко модульного волокна, а именно комбинация аморфной металлической и полимерной макросинтетической фибры. Содержание аморфной металлической фибры было неизменным и составляло 1 % по объему, содержание полимерной фибры увеличивалось от 0 до 1 % по объему с шагом, составляющим $h = 0,1\%$. Результаты испытаний фибробетонных образцов приведены в табл. 3.

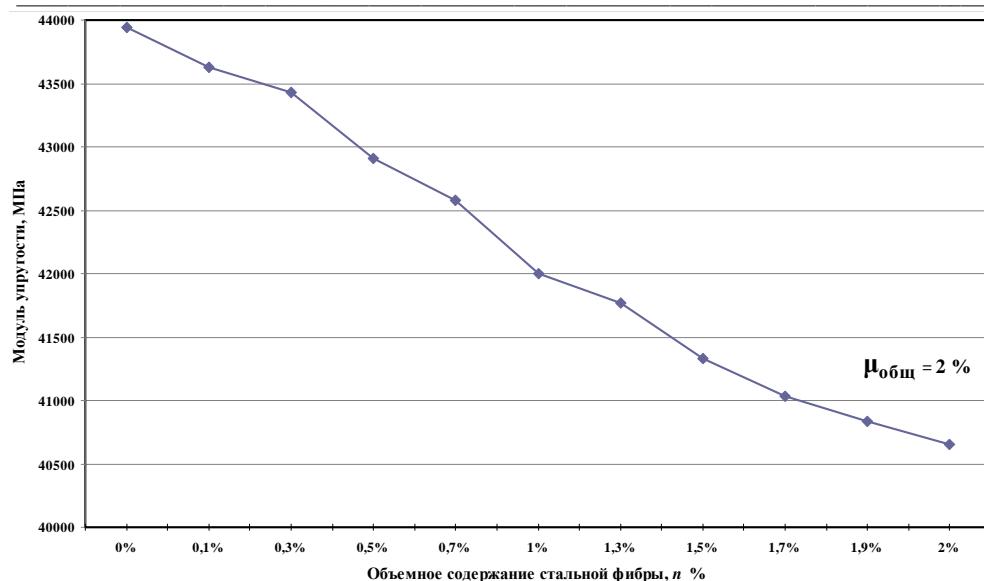


Рис. 2. График зависимости модуля упругости полиармированного фибробетона от объемного содержания стальной и аморфнометаллической фибры

Таблица 3

Результаты испытаний образцов, полиармированных полимерной макросинтетической и аморфнометаллической фибрами

Вид фибры	Содержание фибры по объему, %	Средняя плотность, кг/м ³	Призмная прочность, МПа	Прочность на растяжение при изгибе, МПа	Модуль упругости, МПа
Неармированный	—	2260	44,2	7,1	30705
Аморфнометаллическая	1,0	2322	53,7	13,51	40340
Полимерная «BarChip»	1,0	2251	43,3	7,17	36131
Аморфнометаллическая Полимерная «BarChip»	1,0 0,1	2335	51,6	13,99	40275
Аморфнометаллическая Полимерная «BarChip»	1,0 0,2	2339	52,5	14,0	40210
Аморфнометаллическая Полимерная «BarChip»	1,0 0,3	2338	51,4	14,16	40154
Аморфнометаллическая Полимерная «BarChip»	1,0 0,4	2335	51,2	14,73	40076
Аморфнометаллическая Полимерная «BarChip»	1,0 0,5	2333	51,9	15,04	40005
Аморфнометаллическая Полимерная «BarChip»	1,0 0,6	2329	50,3	15,1	39937
Аморфнометаллическая Полимерная «BarChip»	1,0 0,7	2338	49,3	15,45	39898

Окончание табл. 3

Вид фибры	Содержание фибры по объему, %	Средняя плотность, кг/м ³	Призменная прочность, МПа	Прочность на растяжение при изгибе, МПа	Модуль упругости, МПа
Аморфнометаллическая	1,0	2335	49,9	15,31	39862
Полимерная «VarChip»	0,8	2341	49,1	15,58	39814
Аморфнометаллическая	1,0	2337	48,6	15,84	39755
Полимерная «VarChip»	1,0				

По результатам испытаний можно сделать следующие *выводы*:

1. Из-за того, что фибра «VarChip» является низко модульной, повышение ее содержания в смеси приводит к понижению модуля упругости фибробетона.

2. При постоянном расходе высоко модульной фибры и повышении низко модульной, такой как полимерная фибра «VarChip», понижается модуль упругости фибробетона. На рис. 3 представлен график зависимости модуля упругости от объемного содержания волокна, расход аморфной металлической фибры был постоянен и составлял 1 % по объему, содержание полимерной фибры увеличивалось от 0 до 1 % по объему с шагом, составляющим 0,1 %.

3. При помощи применения полимерной фибры «VarChip» в комбинации с аморфнометаллической в количестве 1 % по объему можно добиться повышения прочности на растяжение при изгибе по сравнению с образцом, армированным исключительно аморфной металлической фиброй, также разрушение такого образца более вязкое, что способствует снижению хрупкости материала.

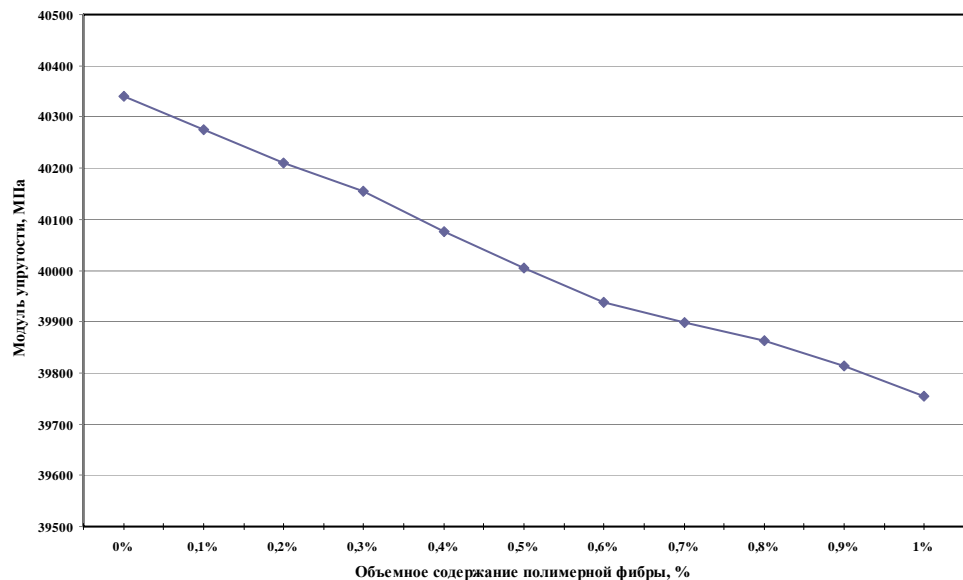


Рис. 3. График зависимости модуля упругости полиармированного фибробетона от объемного содержания аморфнометаллической и полимерной фибры

Требуется дальнейшее изучение деформативных характеристик фибробетона как в экспериментальном, так и теоретическом плане, однако и по результатам, полученным в ходе данного эксперимента, можно сделать вывод о том, что при применении полидисперсного армирования существует возможность регулирования такого важного свойства фибробетона, как модуль упругости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пухаренко Ю. В., Аубакирова И. У. Полидисперсное армирование строительных композитов // Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века. 2011. № 2(145). С. 25—27.
2. Пухаренко Ю. В., Голубев В. Ю. О вязкости разрушения фибробетона // Вестник гражданских инженеров. 2008. № 3(16). С. 80—83.
3. Пантелеев Д. А. Оценка эффективности полиармирования фибробетона // Вестник гражданских инженеров. 2013. № 6(41). С. 102—108.
4. Арончик В. Б. Определение модуля упругости дисперсно-армированных материалов с учетом произвольной ориентации и конечной длины армирующих волокон // Вопросы строительства. Вып. 4. Рига, 1975. С. 167—174.
5. Леонович И. А., Леонович А. А. Влияние упругих характеристик композитного материала на свойства фибробетона // Вестник Белорусско-Российского университета. 2007. № 3(16). С. 148—155.
6. Смирнов Д. А. Упругость и ползучесть сталефибробетона: дис... канд. техн. наук. СПб., 2011. 20 с.
7. Смирнов Д. А., Харлаб В. Д. Упругость сталефибробетона // Вестник гражданских инженеров. 2010. № 4(25). С. 56—60.

© Пантелеев Д. А., 2015

Поступила в редакцию
в сентябре 2015 г.

Ссылка для цитирования:

Пантелеев Д. А. Деформативные и прочностные характеристики полиармированного фибробетона // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 44—52.

Об авторе:

Пантелеев Дмитрий Андреевич — аспирант кафедры технологий строительных материалов и метрологии, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Российская Федерация, Санкт-Петербург, 190005, ул. Красноармейская, 4, dm-pant@yandex.ru

D. A. Pantelееv

NONRIGID AND STRENGTH CHARACTERISTICS OF POLYREINFORCED FIBER CONCRETE

Carried out in accordance with R&D plan no. 7.546.2011 "Development of fundamental bases and practical principles of receiving construction designs of the increased operational reliability and safety (with regard to unique buildings and constructions)" by the state order (registration no. 01201257464).

The article provides the results of comparative tests on flexural strength, prism strength and modulus of elasticity of fiber concrete samples. It is experimentally proved that by applying polyreinforcement it is possible to get better nonrigid and strength characteristics of fiber reinforced concrete.

Key words: fiber reinforced concrete, polyreinforcement, prism strength, modulus of elasticity, amorphousmetallic fiber.

REFERENCES

1. Pukharenko Yu. V., Aubakirova I. U. [Polydisperse reinforcing of construction composites]. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii 21 veka* [Construction materials, the equipment, technologies of XXI century], 2011, no. 2(145), pp. 25—27.
2. Pukharenko Yu. V., Golubev V. Yu. [On crack resistance of fiber concrete]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers], 2008, no. 3(16), pp. 80—83.
3. Pantellev D. A. [Efficiency assessment of fiber concrete polymer reinforcement]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers], 2013, no. 6(41), pp. 102—108.
4. Aronchik V. B. [Definition of the modulus of elasticity of the disperse-reinforced materials taking into account random orientation and final length of the reinforcing fibers]. *Voprosy stroitel'stva* [Issues of construction], iss. 4, Riga, 1975. Pp. 167—174.
5. Leonovich I. A., Leonovich A. A. [Influence resilience characteristic of composite materials on properties fibre concretes]. *Vestnik Belorussko-Rossiiskogo universiteta* [News of Belarussian-Russian University], 2007, no. 3(16), pp. 148—155.
6. Smirnov D. A. *Uprugost' i polzuchest' stalefibrobetona* [Elasticity and creep of steel fiber concrete. Cand. Eng. Sci. Dis.]. Saint Petersburg, 2011. 20 p.
7. Smirnov D. A., Kharlab V. D. [Linear creep of mature fiber reinforced concrete]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers], 2010, no. 4(25), pp. 56—60.

For citation:

Pantelev D. A. [Nonrigid and strength characteristics of polyreinforced fiber concrete]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 44—52.

About author:

Pantelev Dmitrii Andreevich — Postgraduate student of Construction Materials Technology and Metrology Department, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russian Federation, Saint Petersburg, 190005, 4, Krasnoarmeiskaya St., dm-pant@yandex.ru

УДК 697.94

Н. А. Королева^а, В. М. Фокин^а, М. Г. Тарабанов^б

^а *Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет*

^б *НИЦ «Инвент»*

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО УСТРОЙСТВУ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СХЕМ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

В статье приведены рекомендации по устройству энергоэффективных схем систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Разработанные рекомендации предложены с целью внедрения в практику строительства и проектирования новых энергоэффективных схем и оборудования, обеспечивающих достижение одних и тех же конечных результатов при меньших энергетических затратах по сравнению с традиционными решениями, обеспечения безопасности и эффективности работ, влияющих на безопасность объектов. Авторами рассматриваются принципиальные схемы, процессы обработки воздуха на $J-d$ -диаграмме, рекомендации по выбору и применению энергоэффективных систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Приведены рекомендации для расчета и проектирования систем кондиционирования воздуха. Основная идея работы состоит в разработке схем систем кондиционирования воздуха, которые позволят значительно сократить потребление теплоты и электроэнергии.

Ключевые слова: системы кондиционирования воздуха, устройство энергоэффективных схем.

На сегодняшний день схемы систем вентиляции и кондиционирования воздуха многообразны [1—7]. Выбор схем систем вентиляции и кондиционирования воздуха зависит от многих объективных и субъективных факторов, но в последнее время при выборе схем основную роль, наряду со стоимостью, начинают играть энергетические показатели: потребляемая мощность, расходы теплоты и холода. Особенно актуальной является задача снижения энергопотребления [8—10], это и стало главной задачей при разработке рекомендаций по устройству энергоэффективных схем систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

Выбор схем и принципиальных решений зачастую зависит от желания заказчиков, от архитектурных и конструктивных особенностей и от других факторов. В некоторых случаях удачное решение, осуществленное на одном объекте, оказывается неприемлемым или технически невозможным на другом, поэтому для принятия правильных принципиальных решений необходимо прорабатывать несколько вариантов. В этих условиях для специалистов по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, тепло- и холодоснабжению разработаны некоторые советы, методики и рекомендации по выбору энергоэффективных схем систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

Авторский коллектив: ООО «Научно-инженерный центр «Инвент»» М. Г. Тарабанов, Н. А. Королева, А. В. Околелов, А. В. Копышков; ООО «Третье Монтажное управление «Промвентиляция»» А. В. Бусахин; НП «ИСЗС-Монтаж» Ф. В. Токарев разработали Р НОСТРОЙ 2.15.6-2013 «Рекомендации по устройству энергоэффективных схем систем вентиляции и кондиционирования воздуха» (Р 017 НОСТРОЙ 2.15.6-2014. Рекомендации по устройству энергоэффективных схем систем вентиляции и кондиционирования воздуха. М.: БСТ, 2014. 114 с.).

Данные рекомендации разработаны с целью внедрения в практику проектирования и строительства энергоэффективных схем и оборудования, обеспечивающих достижение одних и тех же конечных результатов при меньших энергетических затратах по сравнению с традиционными решениями.

В рекомендациях по устройству энергоэффективных схем приведены схемы систем кондиционирования воздуха:

система кондиционирования воздуха с местными адиабатными увлажнителями [11—13];

система кондиционирования воздуха с прямым испарительным охлаждением;

система кондиционирования воздуха с косвенным испарительным охлаждением [14—15];

система кондиционирования воздуха с двухступенчатым испарительным охлаждением [16, 17];

система кондиционирования воздуха с использованием низкопотенциальных источников теплоты [18].

Также даны рекомендации по монтажу, испытаниям и наладке систем кондиционирования воздуха [19].

Система кондиционирования воздуха с местными адиабатными увлажнителями включает в себя установку местных адиабатных увлажнителей в помещениях, в которых происходит адиабатное увлажнение и охлаждение внутреннего воздуха. Схема применяется в общественных и промышленных зданиях со значительными теплоизбытками, в которых требуется поддержание относительной влажности и искусственное охлаждение внутреннего воздуха в холодный период года. Схема обработки воздуха в центральных кондиционерах с использованием в качестве доводчиков местных адиабатных увлажнителей позволяет полностью отказаться от искусственного холода в зимний период и значительно уменьшить энергетические и капитальные затраты. В качестве местных адиабатных увлажнителей можно использовать роторный пластинчатый теплообменник [13]. Методика построения описана в [11].

Процесс обработки воздуха в холодный период года на $J-d$ -диаграмме в системе кондиционирования воздуха с применением местных адиабатных увлажнителей представлен на рис. 1.

Принимаются требуемые параметры наружного т. H и внутреннего воздуха т. B . Через т. B проводят луч процесса адиабатного увлажнения до пересечения с $\varphi = 100\%$.

На этом луче находится точка $П_y$, характеризующая параметры приточного воздуха на выходе из увлажнителя. Температура приточного воздуха, °С, на выходе из увлажнителя определяется в зависимости от коэффициента эффективности применяемого адиабатного увлажнителя. На $J-d$ -диаграмму наносится точка $П$ с параметрами приточного воздуха, с температурой t_n , которую рекомендуется принимать на 8 градусов ниже температуры внутреннего воздуха т. B . Через точки $П_y$ и $П$ проводится прямая до пересечения с линией влагосодержания наружного воздуха d_n , и получается точка $П_n$, которой соответствуют параметры приточного наружного воздуха на выходе из центрального кондиционера.

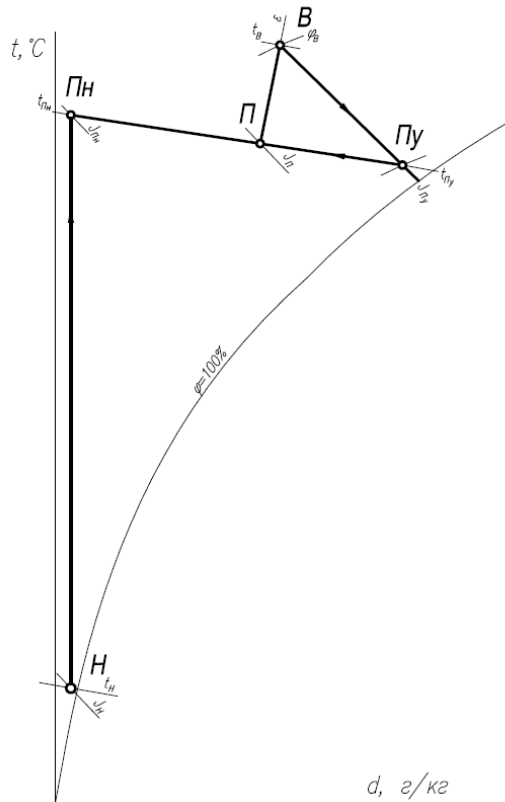


Рис. 1. Процесс обработки воздуха в холодный период года для систем кондиционирования воздуха с местными адиабатными увлажнителями: точка Н — параметры наружного воздуха; точка П_н — параметры воздуха на выходе из центрального кондиционера; точка В — параметры внутреннего воздуха; точка П_у — параметры воздуха на выходе из адиабатного увлажнителя; точка П — параметры приточного воздуха в помещении

Систему кондиционирования воздуха с прямым испарительным охлаждением используют в жилых и общественных зданиях, производственных помещениях, системах обработки воздуха для объектов энергетики и т. п. Для осуществления процессов испарительного охлаждения используют форсуночные камеры, насадочные, пленочные и пенные аппараты.

СКВ с испарительным охлаждением являются наиболее экономичным, так как предполагают применение стандартного, относительно дешевого оборудования без использования источников искусственного холода. Энергозатраты при этом сводятся к перемещению воздуха и рециркуляционной воды в адиабатических увлажнителях. Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха с прямым испарительным охлаждением показана на рис. 2.

Применение СКВ с испарительным охлаждением ограничивается климатическими зонами с сухим климатом. К преимуществам этих систем относятся конструктивная простота и надежность, минимальные затраты на обслуживание при эксплуатации. К недостаткам относятся невозможность поддержания параметров приточного воздуха, зависимость от внешних климатических условий, исключение рециркуляции в обслуживаемом помещении.

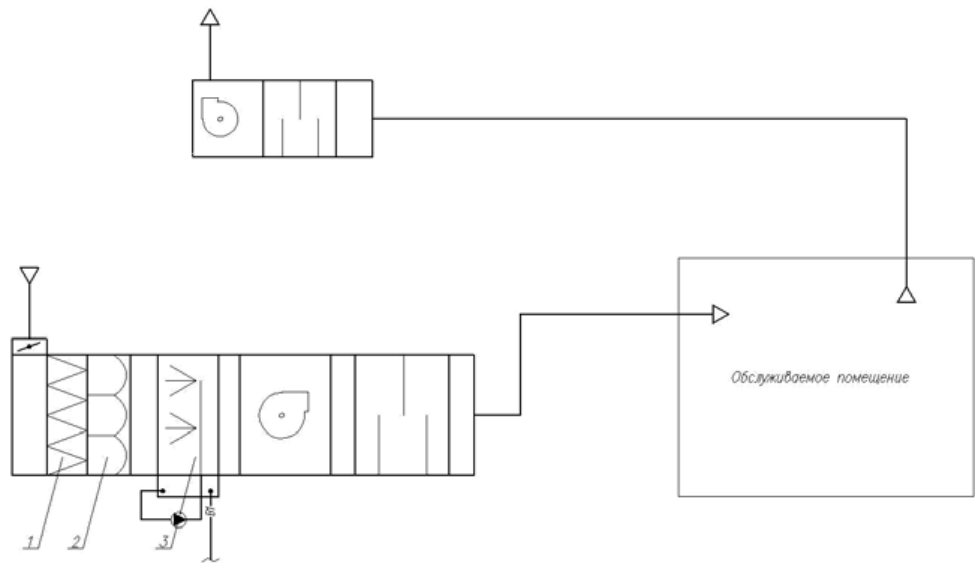


Рис. 2. Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха с прямым испарительным охлаждением: 1 — фильтры тонкой и грубой очистки воздуха; 2 — увлажнитель воздуха

Методика расчета, способ построения процессов и примеры расчета подробно описаны в [11]. Расчет систем кондиционирования воздуха с испарительным охлаждением принципиально не отличается от расчета приточной системы кондиционирования с поверхностными воздухоохладителями [4, 20]. Пример построения процесса испарительного охлаждения на J — d -диаграмме приведен на рис. 3.

Исходными данными для расчета системы кондиционирования воздуха с прямым испарительным охлаждением являются:

- расчетные тепло- и влагоизбытки обслуживаемого помещения;
- требуемые параметры внутреннего воздуха;
- параметры наружного воздуха в теплый период года.

Системы кондиционирования воздуха с прямым испарительным охлаждением в большинстве случаев применяют на объектах, не требующих точного поддержания тепловлажностных параметров воздуха [9]. Это объекты различных отраслей промышленности, где при высокой теплонапряженности помещений требуется дешевый способ охлаждения внутреннего воздуха либо воздуха, подаваемого для душирования постоянных рабочих мест [21].

В тех случаях, когда параметры внутреннего воздуха невозможно получить прямым испарительным охлаждением, рекомендуется применять системы кондиционирования воздуха с косвенным и двухступенчатым испарительным охлаждением.

В системах с косвенным и двухступенчатым испарительным охлаждением охлаждение приточного воздуха осуществляется в теплообменном аппарате рекуперативного либо регенеративного типа, контактирующего со вспомогательным потоком воздуха, охлаждаемым испарительным охлаждением [4].

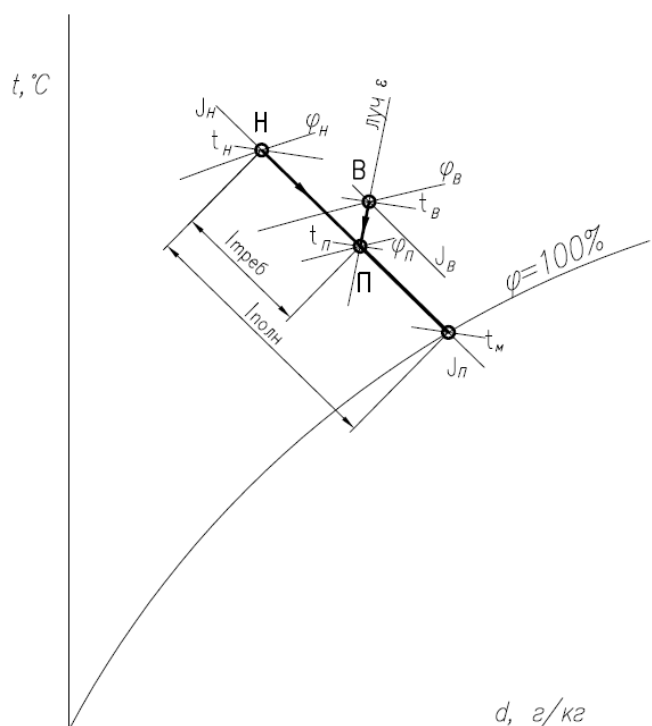


Рис. 3. Процесс обработки воздуха в теплый период года для систем кондиционирования воздуха с прямым испарительным охлаждением: точка Н — параметры наружного воздуха; точка П — параметры приточного воздуха; точка В — параметры внутреннего воздуха; луч ε — луч процесса ассимиляции тепловлагоизбытков

Схемы с косвенным и двухступенчатым испарительным охлаждением применяют в случае, если требуется подавать приточный воздух без осушки [9, 15]. Поддержание комфортных параметров внутренней среды при этом следует осуществлять местными доводчиками. В качестве вспомогательного потока воздуха используют либо наружный, либо вытяжной воздух. Наружный воздух используют в тех случаях, когда не допускается перетекания вытяжного воздуха в приточный через неплотности теплообменника-утилизатора [20].

Системы кондиционирования воздуха с двухступенчатым испарительным охлаждением следует применять в случаях, когда требуется более глубокое (по сравнению с испарительным и косвенным испарительным охлаждением) охлаждение приточного воздуха. Применение такой системы кондиционирования воздуха позволяет более точно регулировать параметры воздуха на выходе из приточной установки.

Охлаждение воздуха в данной схеме осуществляют в две ступени:
 охлаждение косвенно испарительным методом;
 охлаждение прямым испарительным методом.

Еще одна энергоэффективная схема систем кондиционирования — это кондиционирование воздуха с использованием низкопотенциальных источников теплоты. Источниками низкопотенциальной теплоты могут являться:

теплота удаляемого системами вытяжной вентиляции воздуха;
теплоноситель, получаемый в теплонасосных установках;
обратная вода тепловой сети.

Системы кондиционирования воздуха с использованием теплоты обратной воды применяют в случае использования в качестве источника тепла системы централизованного городского теплоснабжения. Использование теплоты обратной воды увеличивает пропускную способность тепловых сетей за счет увеличения рабочего перепада температур и сокращает энергозатраты на транспортировку теплоносителя. Утилизацию теплоты удаляемого вентиляционного воздуха осуществляют с использованием промежуточного теплоносителя (незамерзающей водо-гликолевой либо иной смеси). В связи с низкими значениями параметров теплоносителя используют теплообменные аппараты контактного типа (в частности, роторные пластинчатые утилизаторы теплоты (РПУТ) [18, 22]).

Одна из рекомендуемых схем системы кондиционирования воздуха с использованием низкопотенциальных источников теплоты приведена на рис. 4. Представлена принципиальная схема системы кондиционирования воздуха проточного типа (без рециркуляции воздуха) с утилизацией теплоты вытяжного воздуха.

В качестве теплоносителя используют раствор этиленгликоля, отбирающий теплоту удаляемого воздуха с помощью поверхностного воздухоохладителя, установленного в вытяжной установке.

Нагревание и одновременное увлажнение наружного воздуха до точки росы приточного воздуха осуществляют в РПУТ [22] и регулируют с помощью трехходового клапана (Кл1) (рис. 4).

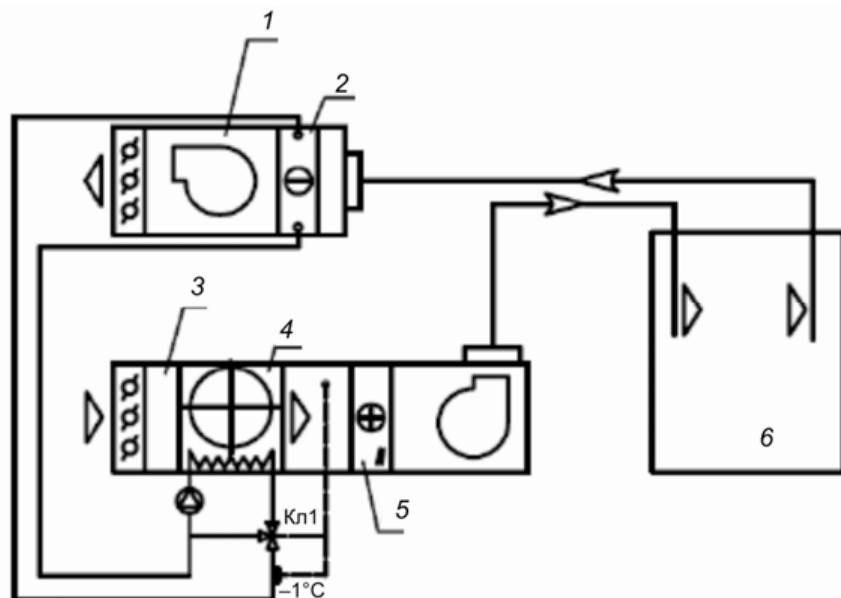


Рис. 4. Принципиальная схема СКВ проточного типа (без рециркуляции) с утилизацией теплоты вытяжного воздуха: 1 — вытяжная установка; 2 — поверхностный воздухоохладитель; 3 — приточная установка; 4 — РПУТ; 5 — поверхностный воздушнонагреватель; 6 — обслуживаемые помещения

По мере повышения энтальпии наружного воздуха трехходовой клапан в контуре РПУТ (Кл1) прикрывают до полного закрытия, когда энтальпия наружного воздуха достигает значения энтальпии точки росы приточного воздуха. В данный момент кондиционер работает в переходном режиме без потребления теплоты и холода, и требуемые параметры воздуха поддерживаются на выходе из РПУТ за счет адиабатного увлажнения воздуха.

В рекомендациях представлена разработка инженерной методики расчета систем кондиционирования воздуха с использованием роторного утилизатора теплоты [11]. Методика основывается на полученных ранее результатах исследований, таких как графические зависимости коэффициента эффективности роторного утилизатора теплоты от конструктивных параметров, а также параметров обрабатываемого воздуха и низкотемпературного теплоносителя.

Энергоэффективность схем обработки воздуха в системах вентиляции и кондиционирования воздуха достигается за счет следующих решений:

применения местной рециркуляции воздуха и его адиабатного охлаждения и увлажнения в системах кондиционирования воздуха с местными адиабатными увлажнителями, что позволяет отказаться от использования в холодный период года схем с сухими охладителями, исключить контур с раствором гликоля, циркуляционным насосом и пластинчатым теплообменником, а также понизить температуру приточного воздуха на выходе из воздухонагревателя первого подогрева и почти на 30 % сократить потребление теплоты. Кроме того, схема с местными адиабатными увлажнителями-доводчиками позволяет включать и эксплуатировать холодильные машины только при положительной температуре наружного воздуха, что значительно повышает надежность и ресурс работы холодильного оборудования;

применение схем с прямым, косвенным и двухступенчатым испарительным охлаждением позволяет в некоторых случаях отказаться полностью от использования искусственного холода или значительно снизить холодильную нагрузку;

применение схем с использованием теплоты обратной воды системы централизованного теплоснабжения для прямого нагрева воздуха низкопотенциальным теплоносителем позволяет снизить энергопотребление.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Al-Farayedhi A. A., Gandhidasan P., Al-Mutuari M. A.* Evaluation of heat and mass transfer coefficients in a gauze-type structured packing air dehumidifier operating with liquid desiccant // *Int. J. Refr.* 2002. Pp. 106—111.
2. *Foster R. E., Dijkstra E.* Evaporative Air-Conditioning Fundamentals: Environmental and Economic Benefits Worldwide // *Applications for Natural Refrigerants '96, Refrigeration Science and Technology Proceedings.* Pp. 121—126.
3. El Paso Electric Company, *Life Cycle Cost Analyses: Evaporative Cooler vs. Refrigerated Air Conditioning.* Vol. I. El Paso, Texas, October, 1991. Pp. 92—94.
4. *Богословский В. Н., Кокорин О. Я., Петров Л. В.* Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. М.: Стройиздат, 1985. 367 с.
5. *Improving Air Handler Efficiency in Residential HVAC Applications / I. S. Walker, D. M. Mingee, D. Brenner, D. J. Dickerhoff // LBNL 53606.* Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA. 103 p.

6. *Skaaret E., Mathisen H. M.* Ventilation Effectiveness — A Guide to Efficient Ventilation // Proceedings of the 1983 ASHRAE Annual Meeting, June 26—30. Washington, DC: ASHRAE, Atlanta, GA, LBL-16155. 38 p.
7. СМНС. 1992. Barriers to the use of Energy Efficient Residential Ventilation. Research Division, Canada Mortgage and Housing Corporation. Ottawa, Canada. Pp. 52—56.
8. *Табунчиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В.* Энергоэффективные здания. М.: АВОК-ПРЕСС, 2004. 196 с.
9. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Справочное пособие / под ред. Л. Д. Богуславского и В. И. Ливчака. М.: Стройиздат, 1990. 624 с.
10. *Sherman M.* ASHRAE's First Residential Ventilation Standard // Proc. Buildings IX Conference. 2004. Clearwater FL. LBNL-54331. 252 p.
11. *Тарабанов М. Г.* Новая энергоэффективная схема СКВ для офисных и многофункциональных зданий // АВОК. 2010. № 5. С. 22—34.
12. *Хомутский Ю.* Применение адиабатного увлажнения для охлаждения воздуха // Мир климата. 2012. № 73. С. 104—112.
13. Авторское свидетельство SU №1216576. Устройство для тепловлажностной обработки воздуха.
14. *Королева Н. А., Околелов А. В.* Применение схем кондиционирования в зданиях с использованием косвенного охлаждения // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техно-сферной безопасности: материалы Всероссийской науч.-техн. конф. молодых исследователей (с международным участием), Волгоград, 21—26 апреля 2014 г. С. 153—155.
15. *Хомутский Ю.* Расчет косвенно-испарительной системы охлаждения // Мир климата. 2012. № 71. С. 174—182.
16. *Тарабанов М. Г., Копышков А. В., Королева Н. А.* Энергоэффективные системы вентиляции и кондиционирования воздуха крупного торгового центра // АВОК. 2013. № 1. С. 24—29.
17. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 1993 ASHRAE. 437 p.
18. *Тарабанов М. Г.* Увлажнение воздуха в системах вентиляции и кондиционирования. Инженерные системы // АВОК-Северо-Запад, 2009. № 3. С. 41—47.
19. *Кокорин О. Я.* Современные системы кондиционирования воздуха. М.: Физматлит, 2003. 272 с.
20. *Сотников А. Г.* Процессы, аппараты и системы кондиционирования воздуха и вентиляции. СПб, 2006. Т. 2. Ч. 1. 416 с.
21. *Участкин П. В.* Вентиляция, кондиционирование воздуха и отопление на предприятиях легкой промышленности: учеб. пособ. для студентов высш. технич. учеб. заведений. М.: Легкая индустрия, 1980. 243 с.
22. Авторское свидетельство SU № 109273. Устройство для нагревания и увлажнения воздуха низкопотенциальным теплоносителем.

© Королева Н. А., Фокин В. М., Тарабанов М. Г., 2015

Поступила в редакцию
в сентябре 2015 г.

Ссылка для цитирования:

Королева Н. А., Фокин В. М., Тарабанов М. Г. Разработка рекомендаций по устройству энергоэффективных схем систем вентиляции и кондиционирования // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 53—62.

Об авторах:

Королева Наталья Анатольевна — аспирант кафедры энергоснабжения и теплотехники, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, Koroleva_80@inbox.ru

Фокин Владимир Михайлович — д-р техн. наук, проф., зав. каф. энергоснабжения и теплотехники, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Тарабанов Михаил Григорьевич — канд. техн. наук, доц., директор НИЦ «Инвент». Российская Федерация, 400105, г. Волгоград, ул. Штеменко, 36, M.tarabanov@mai.ru

N. A. Koroleva, V. M. Fokin, M. G. Tarabanov

DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS ON THE DESIGN OF ENERGY EFFICIENT SCHEMES OF VENTILATION AND AIR CONDITIONING

Recommendations on the design of energy efficient schemes of systems of ventilation and air conditioning are provided in article. The developed recommendations are offered in order to introduce in practice of construction and design of new energy efficient schemes and equipment that provide the same end results with smaller energy consumption in comparison with traditional decisions, safety and efficiency of the works influencing the safety of the objects. The authors consider schematic diagrams, air processing on $J-d$ -diagram, the recommendations on the choice and implementation of energy efficient systems of air conditioning. The recommendations on calculation and design of air conditioning systems are provided. The main idea of the paper is to develop schemes of air conditioning systems that allow to reduce considerably the consumption of heat and power.

Key words: air conditioning systems, design of energy efficient schemes.

REFERENCES

1. Al-Farayedhi A. A., Gandhidasan P., Al-Mutuari M. A. Evaluation of heat and mass transfer coefficients in a gauze-type structured packing air dehumidifier operating with liquid desiccant. *Int. J. Refr.*, 2002, pp. 106—111.
2. Foster R. E. and Dijkstra E. Evaporative Air-Conditioning Fundamentals: Environmental and Economic Benefits Worldwide. *Applications for Natural Refrigerants '96, Refrigeration Science and Technology Proceedings*, pp. 121—126.
3. *El Paso Electric Company, Life Cycle Cost Analyses: Evaporative Cooler vs. Refrigerated Air Conditioning*, vol. I. El Paso, Texas, October, 1991, pp. 92—94.
4. Bogoslovskii V. N., Kokorin O. Ya., Petrov L. V. *Konditsionirovanie vozdukha i kholodosnabzhenie* [Air conditioning and cold supply]. Moscow, Stroiizdat, 1985. 367 p.
5. Walker I. S., Mingee D. M., Brenner D., Dickerhoff D. J. Improving Air Handler Efficiency in Residential HVAC Applications. *LBNL 53606*. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA. 103 p.
6. Skaaret E. and Mathisen H. M. Ventilation Effectiveness — A Guide to Efficient Ventilation. *Proc. of the 1983 ASHRAE Annual Meeting*, June 26—30, Washington, DC: ASHRAE, Atlanta, GA, LBL-16155. 38 p.
7. *CMHC. Barriers to the use of Energy Efficient Residential Ventilation*. 1992. Research Division, Canada Mortgage and Housing Corporation. Ottawa, Canada. Pp. 52—56.
8. Tabunshchikov Yu. A., Brodach M. M., Shilkin N. V. *Energoeffektivnye zdaniya* [Power effective buildings]. Moscow, AHVACE -PRESS, 2004. 196 p.
9. Boguslavskii L. D. and Livchak V. I. (ed.). *Energoberezhenie v sistemakh teplosnabzheniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukha. Spravochnoe posobie* [Energy saving in the systems of heat supply, ventilation and air conditioning. Reference book]. Moscow, Stroiizdat, 1990. 624 p.
10. Sherman M. ASHRAE's First Residential Ventilation Standard. *Proc. Buildings IX Conference*. 2004. Clearwater FL. LBNL-54331. P. 252.
11. Tarabanov M. G. [New power effective HVAC scheme for office and multipurpose buildings]. *AVOK* [Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics], 2010, no. 5, pp. 22—34.
12. Khomutskii Yu. [Use of adiabatic moistening for air cooling]. *Mir klimata* [World of climate], no. 73, July, 2012, pp. 104—112.
13. A. c. SU No. 1216576. *Ustroistvo dlya teplovlazhnostnoi obrabotki vozdukha* [Device for air heat and moist processing].
14. Koroleva N. A., Okolelov A. V. [Application of conditioning schemes in buildings with the use of indirect cooling]. *Aktual'nye problemy stroitel'stva, ZhKKh i tekhnosfernoi bezopasnosti*, Volgograd, 21—26 aprelya 2014 g. [Actual problems of construction of housing and communal services and technosphere safety. Proc. of All-Russ. Conf., 21—26 April 2014 g.]. Volgograd, 2014, pp. 153—155.
15. *Khomutskii Yu.* [Calculation of the indirect-evaporative cooling system]. *Mir klimata* [World of climate], 2012, no. 71, pp. 174—182.

16. Tarabanov M. G., Kopyshkov A. V., Koroleva, N. A. [Energy Efficient Ventilation and Air Conditioning Systems in a Large Shopping Center]. *AVOK* [Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics], 2013, no. 1, pp. 24—29.

17. *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*, 1993 ASHRAE. 437 p.

18. Tarabanov M. G. [Air moistening in ventilation and conditioning systems. Engineering systems]. *AVOK-Severo-Zapad* [AHVACE -North-West], 2009, no. 3, pp. 41—47.

19. Kokorin O. Ya. *Sovremennye sistemy konditsionirovaniya vozdukh* [Modern air conditioning systems]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2003. 272 p.

20. Sotnikov A. G. *Protsessy, apparaty i sistemy konditsionirovaniya vozdukh i ventilyatsii* [Processes, machines and systems of air conditioning and ventilation]. Saint Petersburg, 2006. Vol. 2. Pt. 1. 416 p.

21. Uchastkin P. V. *Ventilyatsiya, konditsionirovanie vozdukh i otoplenie na predpriyatiyakh legkoi promyshlennosti* [Ventilation, air conditioning and heating at the enterprises of light industry: study guide]. Moscow, Legkaya industriya Publ., 1980. 243 p.

22. Author's certificate SU no. 109273. The device for air heating and moistening by low-energy heat carrier.

For citation:

Koroleva N. A., Fokin V. M., Tarabanov M. G. [Development of recommendations on the design of energy efficient schemes of ventilation and air conditioning]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 53—62.

About authors:

Koroleva Natal'ya Anatol'evna — Postgraduate student of Power Supply and Heat Engineering Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, Koroleva_80@inbox.ru

Fokin Vladimir Mikhailovich — Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Power Supply and Heat Engineering Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

Tarabanov Mikhail Grigor'evich — Candidate of Engineering Science, Docent, the Director of "Invent" R&D. 36, Shtemenko St., Volgograd, 400105, Russian Federation, M.tarabanov@mai.ru

УДК 628.511.12:661.832

М. С. Калашникова, Г. В. Сеимова

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ПЫЛИ, ВЫДЕЛЯЕМОЙ ПРИ СКЛАДИРОВАНИИ И ХРАНЕНИИ ОТХОДОВ КАЛИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Рассмотрены процессы образования пыли с поверхности объектов складирования отходов производства калийных удобрений. Произведено исследование дисперсного состава, расчет загрязнения атмосферы пылевидными частицами, выделяемыми при складировании и с поверхностей солеотвалов.

Ключевые слова: пыль, дисперсный анализ, атмосферный воздух, загрязнение, минеральные удобрения.

Производство минеральных солей удобрений составляет одну из важнейших задач химической промышленности. Ассортимент минеральных удобрений, используемых в сельском хозяйстве, самой химической промышленности, металлургии, фармацевтическом производстве, строительстве, быту, составляет сотни наименований и непрерывно растет [1].

При проходке месторождений, обработке и обогащении руды, непосредственном производстве калийных удобрений образуются твердые и жидкие отходы, складываемые на территории предприятий по производству калийных удобрений. Твердые отходы направляются на солеотвал, жидкие (шлам) — в шламохранилище.

Шламохранилищем является карьер, оборудованный ограждающей дамбой. Заполнение шламохранилища производится посредством намыва шламов в заранее построенную емкость — наливной тип шламохранилища. Намыв шламов производится из пульповыпусков, оборудованных шиберной задвижкой, непосредственно в шламохранилище. Поскольку отгрузка жидких отходов в шламохранилище производится гидронамывом, то пыление с поверхности не происходит.

Добыча минералов сопровождается выбросом вредных веществ в атмосферу. Отсюда возникает проблема оценки загрязнения атмосферы частицами пыли от солеотвалов.

Солеотвал находится на открытой площадке, и в атмосферу в процессе складирования и при хранении выделяются пылящие частицы от конвейерных лент, расположенных на территории солеотвала, и непосредственно от корок солеотвала. Загрязняющие вещества, выделяющиеся от конвейерных лент и корок солеотвала, оказывают негативное влияние на атмосферу близлежащих населенных пунктов, что, в свою очередь, может привести к возникновению заболеваний дыхательных путей у населения.

Формирование солеотвала производится складированием отходов производства с отвалообразователями. Складирование породы, получаемой в результате производства горных работ, осуществляется на специально подготовленную площадку породного отвала, оконтуренную ограждающими дамбами и оборудованную подъездными путями. Отходы процессов обогащения

в солеотвал подаются конвейерами, в конце которых устанавливают отвальное оборудование. По мере развития солеотвала конвейерные линии наращивают. Шаг наращивания принимают кратным длине звеньев отвального комплекса, но не менее 60 м. Для установки оборудования из несслежавших пород бульдозером формируют насыпь. На солеотвале монтируют 2 конвейерные линии: одна рабочая, одна резервная. Полевой ленточный конвейер — машина непрерывного действия, предназначенная для транспортировки навалочных грузов по горизонтальным и комбинированным трассам. Ленточные конвейеры могут быть использованы в закрытых помещениях, галереях (отапливаемых и неотапливаемых) и на открытых участках. Для возможности использования в зимнее время на открытых площадках предусматривается подогрев элементов привода для пуска при низких температурах. При значительном удалении площадки складирования от обогатительной фабрики применяется аналогичная технология перегрузки отходов с использованием закрытых конвейерных лент-галерей.

Пылевидные дисперсные материалы, выделяющиеся в воздух от конвейерных лент, как правило, являются полидисперсными [2], т. е. содержат достаточно широкий диапазон размеров частиц. При транспортировке в галереях выделения вредных веществ в атмосферу не происходит.

Солеотвал представляет собой специально подготовленную площадку площадью, как правило, 40...120 га, околонтурную ограждающими дамбами и оборудованную подъездными путями. Начальный участок пандуса с конвейерами, идущими на солеотвал, располагается в пределах породного отвала. Для обеспечения постепенного загрузки основания солеотвала при его устройстве выполняются требования к отсыпке солеотвала ярусами. В процессе отсыпки солеотвала дамба породного отвала постепенно засыпается солеотходами. Разрез солеотвала, оснащенного конвейерным транспортом и отвалообразователем, представлен на рис. 1. Пример расположения конвейерных лент на территории солеотвала представлен на рис. 2.

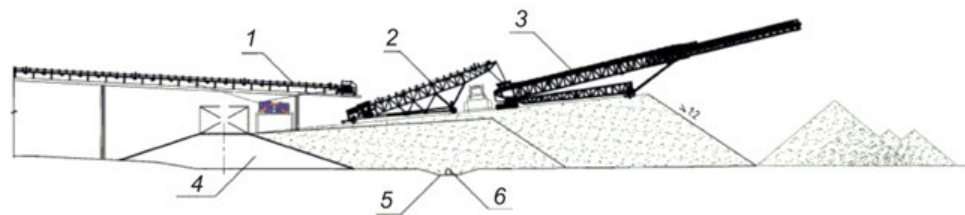


Рис. 1. Разрез отвала солеотвала с отвалообразователем: 1 — конвейер ленточный полевой; 2 — перегружатель конвейерный; 3 — отвалообразователь; 4 — ограждающая дамба солеотвала; 5 — рассолоотводная канава; 6 — труба ПЭ 80 SDR 13,6-1000×73,5

Однако пыление происходит не одинаково со всех частей солеотвала. Наименьшее пыление наблюдается от боковых поверхностей, так как солеотвал огорожен дамбой, препятствующей выдуванию ветром солеотходов. Помимо этого, необходимо учитывать, что в состав отходов в основном входит поваренная соль (табл. 1), обладающая высокой степенью кристаллизации. За счет воздействия атмосферных осадков и влажности воздуха порода образует твердую корку на поверхности солеотвала, что снижает выделение загряз-

няющих веществ в атмосферный воздух. Проведенные исследования в аэродинамической трубе в лаборатории ВолгГАСУ показали, что даже при скорости до 20 м/с с 1 м² корки солеотвала сдувается менее $2,3 \cdot 10^{-4}$ г/ч пылевидных частиц.

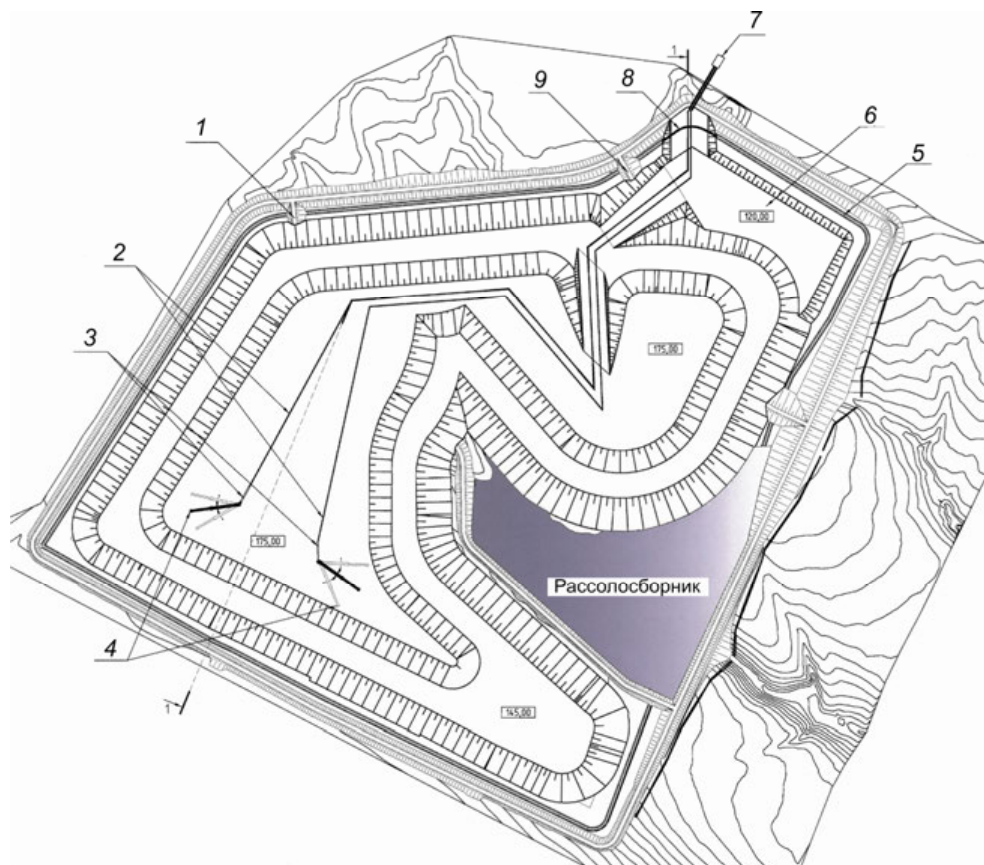


Рис. 2. Возможное расположение конвейерных лент на территории солеотвала: 1 — дамба солеотвала 1-й очереди; 2 — полевой конвейер; 3 — перегружатель конвейерный; 4 — отвалообразователь; 5 — рассолоборная канава; 6 — породный отвал; 7 — узел перегрузки; 8 — труба ПЭ; 9 — дамба породного отвала

Помимо отвалообразователей, источником выделения загрязняющих веществ служит тяжелая техника (бульдозеры, самоходные машины и т. д.), применяемые для разравнивания несслежавшихся пород. Транспорт, применяемый на солеотвале, представлен на рис. 3.

Поскольку солеотвал, на территорию которого направляются твердые отходы производства, в ряде случаев располагается вблизи населенных пунктов, то загрязняющие вещества, выделяемые с его поверхности, могут оказать негативное влияние на здоровье населения.

Химический состав отходов, складированных на солеотвал, представлен в табл. 1.



Рис. 3. Конвейерный транспорт и самоходный отвалообразователь на вершине солеотвала

Т а б л и ц а 1

Химический состав отходов калийного производства

Наименование вещества	Массовая доля, %	Химический состав твердой фазы, %	Влажность, %	Плотность, т/м ³
KCl	4,0	3,0	15	1,13
NaCl	80,0	88,0		
CaSO ⁴⁺ Н.О.	8,0	9,0		
Вода	8,0	—		

Для оценки воздействия на атмосферный воздух вредных (загрязняющих) веществ, выделяющихся при проведении работ по складированию и хранению отходов производства калийных солей в солеотвалах, проведем расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Исходные данные по производительности получены усреднением показателей оборудования, применяемого при производстве горных работ. В расчетах применены метеоданные Волгоградской области в соответствии со СНиП 23-01—99. Площади складирования приняты максимальными.

Пример 1. Расчет выбросов загрязняющих веществ при пересыпке отходов.

Исходные данные:

производительность загрузки — 500 т/ч;

общее время загрузки — 8760 ч/год.

Мощность неорганизованного источника определим по методике [3] по формуле:

$$G^{\text{сек}} = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_7 K_8 K_9 B G \cdot 10^6 / 3600, \text{ г/с},$$

$$G^{\text{год}} = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_7 K_8 K_9 B G_{\text{год}}, \text{ т/год},$$

где K_1 — весовая доля пылевой фракции ($K_1 = 0,03$); K_2 — доля пыли, переходящей в аэрозоль ($K_2 = 0,02$); K_3 — коэффициент, учитывающий местные метеоусловия (при скорости 5...7 м/с $K_3 = 1,4$ — табл. 2 [3]); K_4 — коэффициент, учитывающий местные условия, степень защищенности узла от внешних воздействий, условия пылеобразования (для узла, открытого с 4-х сторон, $K_4 = 1,0$ — табл. 3 [3]); K_5 — коэффициент, учитывающий влажность материала (при влажности свыше 10 % $K_5 = 0,01$ — табл. 4 [3]); K_7 — коэффициент, учитывающий крупность материала (при размере частиц до 1 мм $K_7 = 1,0$ — табл. 5 [3]); K_8 — поправочный коэффициент для различных материалов в зависимости от типа грейфера (табл. 6 [3]), при использовании иных типов перегрузочных устройств $K_8 = 1$; K_9 — поправочный коэффициент при мощном залповом сбросе материала при разгрузке автосамосвала. Принимается равным 0,2 при сбросе материала весом до 10 т и 0,1 — свыше 10 т. Для остальных неорганизованных источников $K_9 = 1$; B_1 — коэффициент, учитывающий высоту пересыпки (при высоте пересыпки 2 м $B_1 = 0,7$ — табл. 7 [3]); G — суммарное количество загружаемого сырья в час, т/ч; $G_{\text{год}}$ — суммарное количество загружаемого сырья в год, т/год.

Следовательно, максимальный разовый выброс составит $G^{\text{сек}} = 0,08$ г/с.

Валовой выброс составит $G^{\text{год}} = 2,57$ т/год.

Пример 2. Расчет выбросов при хранении отходов.

Исходные данные: площадь складирования 120,0 га.

Мощность неорганизованного источника определим по методике [3] по формуле:

$$Q^{\text{сек}} = K_4 K_5 K_6 K_7 q F_{\text{раб}} + K_4 K K_6 K_7 \cdot 0,11 q (F_{\text{пл}} - F_{\text{раб}}) (1 - \eta), \text{ г/сек},$$

$$Q^{\text{год}} = 0,11 \cdot 8,64 \cdot 10^{-2} \cdot K_4 K_5 K_6 K_7 q F_{\text{пл}} (1 - \eta) (T - T_d - T_c), \text{ т/год},$$

где K_4 — коэффициент, учитывающий местные условия, степень защищенности узла от внешних воздействий, условия пылеобразования (для склада, открытого с 4-х сторон, $K_4 = 1,0$ — табл. 3 [3]); K_5 — коэффициент, учитывающий влажность материала (при влажности более 10 % $K_5 = 0,01$ — табл. 4 [3]); K_6 — коэффициент, учитывающий профиль поверхности складированного материала, определяется как соотношение:

$$K_6 = F_{\text{макс}} / F_{\text{пл}},$$

где $F_{\text{пл}}$ — поверхность пыления в плане, га ($F_{\text{пл}} = 120,0$ га); $F_{\text{макс}}$ — фактическая площадь поверхности складированного материала при максимальном заполнении склада, га ($F_{\text{макс}} = 120,0$ га);

$$K_6 = 120,0 / 120,0 = 1;$$

K_7 — коэффициент, учитывающий крупность материала (при размере до 1 мм $K_7 = 1,0$ (табл. 5 [3])); $F_{\text{раб}}$ — площадь в плане, на которой систематически производятся погрузочно-разгрузочные работы, м² ($F_{\text{раб}} = 2420$ м²); q — максимальная удельная сдуваемость пыли, г/(м²·с), подчиняется степенному закону:

$$q = av^b, \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}),$$

где v — скорость ветра, м/с (при определении валового выброса используется средняя скорость ветра за год; при определении максимально-разового выброса используется ряд скоростей); a, b — эмпирические коэффициенты, зависящие от типа перегружаемого материала ($a = 0,0137, b = 2,3287$ — табл. 8 [3]);

T — общее время хранения материала за рассматриваемый период, сут;
 T_c — число дней с устойчивым снежным покровом; T_d — число дней с дождем, определяется по формуле:

$$T_d = 2T_d^0 / 24,$$

где T_d^0 — суммарная продолжительность осадков в виде дождя за рассматриваемый период в часах;

η — степень улавливания твердых частиц в пылеулавливающей установке, доля единицы.

При площади складирования 120 га мощности выброса при различных скоростях ветра представлены в табл. 2.

Таблица 2

Максимально-разовый и валовый выброс с поверхности хранения солеотходов

Скорость ветра, м/с	Удельная сдуваемость пыли, мг/(м ² ·с)	Максимально-разовый выброс, г/с	Валовый выброс, т/год (при средней скорости ветра 5,5 м/с)
2	0,0688	0,0017	0,725
5	0,5807	0,0141	
7	1,2709	0,0308	
9	2,2814	0,0552	

Пример 3. Расчет выбросов при транспортировке конвейерными лентами.

Исходные данные:

ширина конвейерной ленты — 1,2 м;

длина конвейера — 3660 м.

Суммарная масса твердых частиц, сдуваемых при транспортировании открытым ленточным конвейером, определяется по формулам [3]:

$$M_k = K_3 K_5 W_k L l \gamma (1 - \eta) 10^3, \text{ г/с},$$

$$M_k = 3,6 K_3 K_5 W_k L l \gamma T (1 - \eta), \text{ т/год},$$

где K_3 — коэффициент, учитывающий местные метеоусловия (при скорости 5...7 м/с $K_3 = 1,4$ — табл. 2 [3]); K_5 — коэффициент, учитывающий влажность материала (при влажности свыше 10 % $K_5 = 0,01$ — табл. 4 [3]); W_k — удельная сдуваемость твердых частиц с ленточного конвейера (принимается равной $3 \cdot 10^{-5}$ кг/(м²·с)); L — ширина конвейерной ленты, м; l — длина конвейера, м; γ — коэффициент измельчения горной массы (принимается равным 0,1); T — годовое количество рабочих часов, ч/год; η — степень улавливания твердых частиц в пылеулавливающей установке, доля единицы.

Таким образом, максимальный разовый выброс составит $G^{\text{год}} = 1,85$ г/с; валовой выброс $G^{\text{год}} = 58,19$ т/год.

Отдельной проблемой является загрязнение атмосферного воздуха вблизи солеотвалов мелкодисперсными фракциями пыли PM_{10} (с размером частиц 10 мкм и менее) и $PM_{2,5}$ (с размером частиц 2,5 мкм и менее). Известно, что важным фактором воздействия частиц на организм человека является их размер. Респираторные и трахеобронхиальные пылинки, способные проникать в альвеолы и периферии легкого, представляют особую опасность для здоровья населения, проживающего в зоне возможного загрязнения. В мировой практике с учетом рекомендаций Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в ряде стран, в том числе и в России, осуществлен переход на нормирование содержания в воздушной среде частиц пыли с размерами не более 2,5 мкм или 10 мкм [4].

При вдыхании частиц PM_{10} и $PM_{2,5}$ они проникают в верхние дыхательные пути и легкие, что вызывает повреждение легочной ткани, респираторные и другие заболевания. Следует отметить, что результаты ряда исследовательских проектов свидетельствуют о целесообразности нормирования мелких частиц (PM_{10} и $PM_{2,5}$) вследствие их различного воздействия на организм человека и длительности нахождения во взвешенном состоянии в воздухе [5].

Последствиями воздействия частиц PM_{10} на организм человека являются повреждение легочной ткани, рак и преждевременная смерть. Дети, пожилые люди, люди с хроническими заболеваниями органов дыхания являются наиболее подверженными воздействию мелкодисперсных взвешенных частиц.

Частицы $PM_{2,5}$ настолько мелкие, что способны проникать в самые глубокие части легких. Именно частицы размером менее 2,5 мкм могут вызывать тяжелые заболевания органов дыхания, в ряде случаев приводящие к летальному исходу [6, 7].

Для оценки дисперсного состава пыли, выделяемой в атмосферный воздух с поверхности объектов складирования отходов, был проведен отбор проб воздуха у подножия и на вершине солеотвала.

Отбор проб в атмосферном воздухе проводят согласно [5]. Продолжительность отбора проб воздуха для определения разовых концентраций — 20 мин в соответствии с РД 52.04.186—89. На штатив (на высоте не менее 1,5 м от уровня земли) устанавливают фильтродержатель, который соединяют гибким шлангом с аспиратором, систему проверяют на герметичность соединения. Затем из обоймы за выступы защитных колец вынимают фильтр, вставляют его в фильтродержатель и закрепляют прижимной гайкой. После этого включают аспиратор, устанавливают скорость и время отбора воздуха и производят отбор пробы. Во время отбора на каждый фильтр ведут запись в журнале, где указывают номер фильтра, дату, место, условия взятия пробы, скорость и продолжительность отбора. В течение отбора необходимо следить за показаниями ротаметра аспиратора и при необходимости регулировать расход воздуха.

Методика определения дисперсного состава пыли разработана в ООО «ПТБ ПСО Волгоградгражданстрой» [8, 9] и основана на измерении величины частиц исследуемой пыли с помощью микроскопического метода путем фотографирования образцов, увеличенных в 200...2000 раз под микроскопом с использованием приставки. Снятие изображения с фотоаппарата и последующая обработка производится с помощью любого графического пакета, например AdobePhotoShop, для сохранения изображения; в формате

WindowsBitmap (.bmp) в черно-белом режиме (1 bit/pixel). Затем обработанный снимок загружается в программу Dust 1 [8, 10], которая позволяет определять форму пылевидных частиц путем расчета площади, занимаемой частичкой. Программа представляет результат в виде интегральных функций распределения частиц по эквивалентным диаметрам в вероятностно-логарифмической сетке [11]. Полученные интегральные кривые распределения массы частиц пыли по диаметрам представлены на рис. 4 и 5.

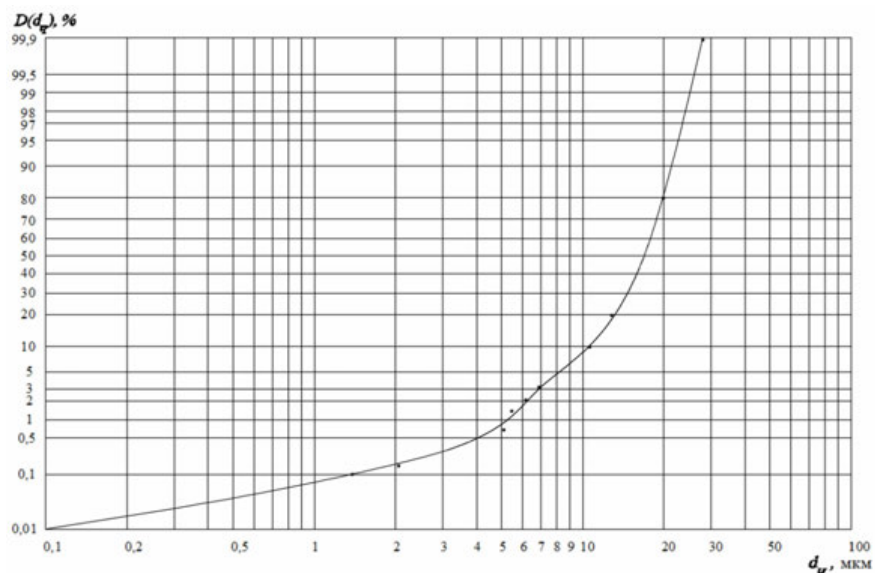


Рис. 4. Интегральные кривые распределения массы частиц пыли, отобранной на вершине солеотвала, по диаметрам в вероятностно-логарифмической сетке

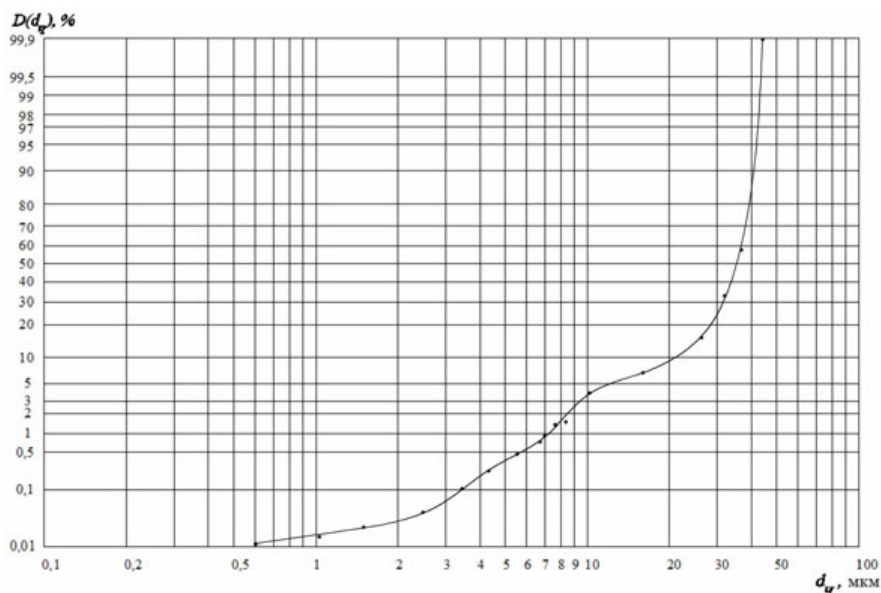


Рис. 5. Интегральные кривые распределения массы частиц пыли, отобранной у подножия солеотвала, по диаметрам в вероятностно-логарифмической сетке

Из рис. 4 можно сделать вывод, что доля частиц PM_{10} на вершине солеотвала составляет 9,8 % от общего количества пыли, а доля $PM_{2,5}$ — около 0,27 % от общего количества пыли.

Из рис. 5 следует, что доля частиц PM_{10} у подножия солеотвала составляет 2,45 % от общего количества пыли, а доля $PM_{2,5}$ — около 0,08 % от общего количества пыли.

Представленные на рис. 4 и 5 интегральные прямые имеют вид прямой до диаметра частиц 2,5 мкм, графики подчиняются закону Колмогорова. Для более крупных частиц необходима аппроксимация, например, методом расчленения. Данный метод описан в [12].

На основании полученных данных можно сделать вывод, что у подножия солеотвалов пыль значительно крупнее. Так, например, медианный размер частиц d_{50} на вершине солеотвала составляет 55 %, а у подножия — около 34 %. Максимальный диаметр частиц пыли на вершине солеотвалов — 27 мкм, а у подножия — 44 мкм.

Таким образом, на основании проведенных исследований дисперсного состава пыли и методики [3] можно определить коэффициенты K_1 и K_2 для пыли PM_{10} и $PM_{2,5}$ и рассчитать загрязнение атмосферы вблизи солеотвалов мелкодисперсной пылью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. USGS Mineral Commodity Summary, 2014. P. 122.
2. Азаров В. Н. Комплексная оценка пылевой обстановки и разработка мер по снижению запыленности воздушной среды промышленных предприятий: дис... д-ра техн. наук. Ростов н/Д, 2004. 47 с.
3. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов. Новороссийск, 2001.
4. Азаров В. Н., Гориков Е. В., Саркисов Р. М. Строительная отрасль экономики и атмосферный воздух промышленных городов // Социология города. 2012. №4. С. 71—78.
5. Азаров В. Н., Тертишников И. В., Маринин Н. А. Нормирование PM_{10} и $PM_{2,5}$ как социальных стандарты качества жизни в районах расположения предприятий стройиндустрии // Жилищное строительство. 2012. № 3. С. 20—23.
6. Об оценке концентрации мелкодисперсной пыли ($PM_{2,5}$ и PM_{10}) в воздушной среде / В. Н. Азаров, И. В. Тертишников, Е. А. Калюжина, Н. А. Маринин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2011. Вып. 25(44). С. 402—406.
7. Азаров В. Н., Маринин Н. А., Жоголева Д. А. Об оценке концентрации мелкодисперсной пыли ($PM_{2,5}$ и PM_{10}) в атмосфере городов // Известия Юго-Западного государственного университета. 2011. № 5(38). Ч. 2. С. 144—149.
8. Dust 1: свидетельство о гос. Регистрации программы для ЭВМ № 2014618468 / В.Н. Азаров [и др.]. № 2014616162; заявл. 26.06.2014; зарег. в Реестре программ для ЭВМ 21.08.2014.
9. Азаров В. Н., Сергина Н. М. Методика микроскопического анализа дисперсного состава пыли с применением персонального компьютера (ПК). Деп. в ВИНТИ. № 1332- 80002. 15.07.2002.
10. Методика микроскопического анализа дисперсного состава пыли с применением персонального компьютера (ПК) / В. Н. Азаров, В. Ю. Юркьян, Н. М. Сергина, А. В. Ковалева // Законодательная и прикладная метрология. 2004. № 1. С. 46—48.
11. Чебанова С. А., Сеимова Г. В., Николенко М. А. Исследование значений PM_{10} и $PM_{2,5}$ для выбросов промышленной пыли в атмосферу городов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2014. Вып. 37(58). С. 178—184.

12. *Азаров В. Н., Маринин Н. А., Бурба И. В.* Оценка концентрации пыли РМ₁₀ и РМ_{2,5} с помощью метода рассеяния // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы : материалы второй междунар. науч.-практ. конф., г. Воронеж, 4—6 окт. 2011 г. Воронеж: «КОМПЕР» Центр документации, 2011. С. 285—287.

© *Калашникова М. С., Сеимова Г. В., 2015*

*Поступила в редакцию
в июле 2015 г.*

Ссылка для цитирования:

Калашникова М. С., Сеимова Г. В. Исследование дисперсного состава пыли, выделяемой при складировании и хранении отходов калийного производства // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 63—73.

Об авторах:

Калашникова Маргарита Сергеевна — аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Сеимова Галина Викторовна — ассистент кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

M. S. Kalashnikova, G. V. Seimova

THE STUDY OF DISPERSE COMPOSITION OF DUST EMITTED DURING STORAGE OF WASTES OF POTASSIUM PRODUCTION

The authors consider the processes of formation of dust discharge from the surface of objects of storage of wastes generated during the production process of potassium fertilizers. The research of the disperse composition is carried out as well as the calculation of air pollution with pulverized particles released during storage and from the surfaces of the salt dumps.

К e y w o r d s: dust, disperse analysis, air, pollution, mineral fertilizers.

REFERENCES

1. *USGS Mineral Commodity Summary*, 2014. P. 122.
2. *Azarov V. N. Kompleksnaya otsenka pylevoi obstanovki i razrabotka mer po snizheniyu zapylennosti vozduшной среды promyshlennykh predpriyatii : avtoref. dis... d-ra tekhn. nauk* [Complex assessment of the dust situation and the development of measures to decrease dust content in the air environment of industrial enterprises. Diss. Dr. Eng. Sci.]. Roston-on-Don, 2004. 47 p.
3. *Metodicheskoe posobie po raschetu vybrosov ot neorganizovannykh istochnikov v promyshlennosti stroitel'nykh materialov* [Study guide on the calculation of emissions from fugitive sources in the industry of construction materials]. Novorossisk, 2001.
4. *Azarov V. N., Gorshkov E. V., Sarkisov R. M.* [Construction sector of economy and atmospheric air in industrial cities]. *Sotsiologiya Goroda* [Sociology of City], 2012, no. 4, pp. 71—78.
5. *Azarov V. N., Tertishnikov I. V., Marinin N. A.* Rating of PM₁₀ and PM_{2,5} as Social Standards of Life Quality in Areas of Building Industry Enterprises Location *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], 2012, no. 3, pp. 20—23.
6. *Azarov V. N., Tertishnikov I. V., Kalyuzhina Ye. A., Marinin N. A.* [About concentration estimation of fine dust (PM₁₀ и PM_{2,5}) in air]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2011, iss. 25(44), pp. 402—406.
7. *Azarov V. N., Marinin N. A., Zhogoleva D. V.* [About a Concentration Estimation Disperse a Dust (PM₁₀ and PM_{2,5}) In Atmosphere of Cities. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of the South-West State University], 2011, no. 5(38). part 2, pp. 144—149.
8. Dust 1: Patent RF, no. 2014616162.

9. Azarov V. N., Sergina N. M. *Metodika mikroskopicheskogo analiza dispersnogo sostava pyli s primeneniem personal'nogo komp'yutera (PK)* [Methodology of microscopic analysis of distribution of dust particles with the use of the personal computer (PC)]. Dep. in VINITI. no. 1332-80002. 15.07.2002.

10. Azarov V. N., Yurk'yan V. Yu., Sergina N. M., Kovaleva A. V. [Methodology of microscopic analysis of distribution of dust particles with the use of the personal computer (PC)]. *Zakonomdatel'naya i prikladnaya metrologiya* [Legal and applied metrology], 2004, no. 1, pp. 46—48.

11. Chebanova S. A., Seimova G. V., Nikolenko M. A. [The study of values PM₁₀ and PM_{2.5} for emissions of industrial dust in the atmosphere of cities]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2014, no. 37(56), pp. 178—184.

12. Azarov V. N., Marinin N. A., Burba I. V. [Assessment of RM[10] and RM[2,5] dust concentration by dissection method]. *Ekologicheskaya geologiya: teoriya, praktika i regional'nye problemy* [Ecological geology: theory, practice and regional problems. Proc. 2nd Intern. Sci.-Pract. Conf., Voronezh, 4—6 Oct. 2011]. Voronezh, Documentation center "KOMPIR", 2011. Pp. 285—287.

For citation:

Kalashnikova M. S., Seimova G. V. [The study of disperse composition of dust emitted during storage of wastes of potassium production]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 63—73.

About authors:

Kalashnikova Margarita Sergeevna — Postgraduate student of Life Safety in Technosphere Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

Seimova Galina Viktorovna — Assistant of Life Safety in Technosphere Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 699.841(05)

А. В. Масляев

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**ПАРАДИГМА ФЕДЕРАЛЬНЫХ ЗАКОНОВ И НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ РФ
ДЛЯ СЕЙСМОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ
ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ**

Так как в России основная часть зданий и сооружений размещена в городах, в статье обосновывается парадигма их сейсмозащиты только на основе защищенности населенных пунктов при землетрясении. Однако в федеральных законах и нормативных документах РФ сейсмозащита населенных пунктов отсутствует. В этих документах здания и сооружения рассматриваются в виде «отдельно стоящих» за пределами населенных пунктов. Такая парадигма федеральных законов и нормативных документов РФ «помогла» их авторам оценить длительность жизненных циклов зданий и сооружений в короткие 50 лет, что позволяет проектировщикам в расчетах использовать минимальную сейсмическую опасность по сейсмической карте «А». В новой парадигме автор обосновывает длительность жизненного цикла населенного пункта в 1 тысячу лет и более, что требует для его сейсмозащиты использовать только максимальную сейсмическую опасность. Но так как защищенность населенного пункта при землетрясении зависит только от сейсмозащиты его основных зданий и сооружений, в расчетах их конструкций специалисты также должны использовать только максимальную сейсмическую опасность. В статье анализируются и другие недоработки в федеральных законах и нормативных документах РФ и предлагаются другие решения.

Ключевые слова: парадигма, населенные пункты, здания и сооружения, жизнь и здоровье людей.

Как известно, большая часть зданий и сооружений в России размещена в населенных пунктах. Однако в федеральных законах № 384-ФЗ, № 190-ФЗ и нормативных документах СП 42.13330.2011, СП 14.13330.2014 здания и сооружения рассматриваются только в виде «отдельно стоящих» объектов за пределами населенных пунктов. Получается, что авторы федеральных законов и нормативных документов РФ при решении сейсмозащиты зданий и сооружений как бы «не видят» самих населенных пунктов, на территориях которых они располагают эти объекты. Такой упрощенный подход к зданиям и сооружениям позволил авторам федеральных законов и нормативных документов РФ считать длительность их жизненных циклов в короткие 50 лет. Ведь согласно приложению «А» СП 14.13330.2014, при таком времени эксплуатации зданий для их расчета достаточно использовать минимальную сейсмическую опасность по карте «А». В приложении «А» СП 14.13330.2014 для объектов со значительно большим сроком эксплуатации предусмотрены еще две сейсмические карты «В» и «С» с большими значениями сейсмической опасности. При рассмотрении этих же зданий и сооружений, но уже на территории, например, города, который является наиболее распространенным населенным пунктом в России, этот населенный пункт из-за расположения на его территории множества капитальных объектов уже следует считать объектом капитального строительства.

Несмотря на очевидность такого сложившегося положения, признания населенных пунктов России объектами капитального строительства в федеральных законах и нормативных документах РФ так и нет. И это несмотря на

то, что в п. 10 ст. 1 № 190-ФЗ присутствует определение, которое позволяет населенные пункты России признать объектами капитального строительства: «объект капитального строительства — здание, строение, сооружение, объекты...». Из-за этого в России сложилась парадоксальная ситуация: самые ответственные федеральные объекты капитального строительства (населенные пункты) сегодня возводятся без необходимой инженерной защиты от воздействия опасных природных явлений.

Как бы своеобразным подтверждением отсутствия признания в вышеуказанных документах населенных пунктов объектами капитального строительства служат в последние годы многочисленные примеры их затопления или уничтожения огнем (Дальний Восток в 2013 г., Хакасия и Забайкалье в апреле 2015 г.). Ведь признание населенного пункта объектом капитального строительства для его сейсмозащиты при землетрясении по требованиям приложения «А» СП 4.13330.2014 в обязательном порядке влечет определение длительности его жизненного цикла. В [1] предложено длительность жизненного цикла населенного пункта определить в 1 тысячу лет, а для более крупных населенных пунктов — в неограниченное время. Но при такой большой длительности жизненного цикла объекта капитального строительства для его сейсмозащиты требуется использовать только максимальную сейсмическую опасность по сейсмической карте «С». Максимальная сейсмическая опасность для сейсмозащиты населенного пункта требуется еще и по причине концентрации на его территории огромных людских и материальных ценностей (значительно возрастают риски). Но так как сейсмозащита населенного пункта зависит, в первую очередь, от сейсмозащиты его основных (повышенной ответственности) зданий и сооружений, то и их сейсмозащита также должна решаться при использовании только максимальной сейсмической опасности. Ведь на территории населенного пункта здания и сооружения повышенной ответственности становятся основными структурными элементами его капитальной застройки, и только они должны обеспечивать его нормальное функционирование при воздействии всех опасных природных явлений (не разрушаться при землетрясении, не затопливаться при наводнении, не гореть при пожаре и т. д.). Но так как в населенных пунктах может размещаться много людей, в процессе решения сейсмозащиты основных зданий и сооружений в автоматическом режиме вступает в силу и требование ст. 2 Конституции РФ об обязательном участии в защите жизни населения чиновников от исполнительной власти при воздействиях всех опасных природных явлений. Без назначения конкретных чиновников от исполнительной власти по защите населенных пунктов при воздействиях опасных природных явлений процессы затопления, горения, разрушения зданий с гибелью людей в России будут продолжаться.

Так как от перечня основных зданий и сооружений зависит сейсмозащита населенного пункта, положение ст. 2 Конституции РФ требует от исполнительной региональной власти для его определения назначить рабочую группу из лучших специалистов. Но, к сожалению, на сегодняшний день единый перечень зданий и сооружений повышенной ответственности сразу для всех населенных пунктов определен в вышеуказанных федеральных законах РФ. Но анализ автором этого узкого единого перечня зданий и сооружений повышенной ответственности показывает, что он просто не может использо-

ваться в большей части населенных пунктов России. Так, например, в этом перечне отсутствуют жилые и общественные (самые основные) здания повышенной ответственности, которые определены без учета самого основного для этого случая критерия — числа людей. В федеральных законах № 384-ФЗ, 190-ФЗ к повышенной ответственности относятся только жилые и общественные здания выше 25 этажей (определены по упрощенному критерию количества этажей), которых, как известно, в большей части населенных пунктов России просто нет.

При этом авторы этих законов просто не могли не знать, что в отдаленных сейсмоопасных районах России во многих населенных пунктах этажность зданий не превышает 4...5 этажей. Это позволяет сделать вывод, что на территориях многих населенных пунктов России большая часть жилых и общественных зданий и сооружений с нормальной ответственностью согласно СП 14.13330.2014 рассчитывалась только на минимальную сейсмическую опасность. Ведь известно, что для большей части населенных пунктов России разница между сейсмическими опасностями в картах «А» (минимальная опасность) и «С» (максимальная опасность) приложения «А» СП 14.13330.2014 составляет два балла. Поэтому нельзя гарантировать сохранность этих зданий и людей при землетрясении с максимальной интенсивностью. При этом проектировщики России должны знать, что вероятность землетрясения с максимальной интенсивностью на территории любого населенного пункта, согласно приложению «А» СП 14.13330.2014, существует.

Более того, сегодня никто из ученых России не может отрицать, что первым сейсмическим событием на территории любого населенного пункта России может быть землетрясение именно с максимальной интенсивностью. Так как в данной статье рассматриваются вопросы сейсмозащиты населенного пункта, автор советует проектировщикам при выборе сейсмической опасности для зданий и сооружений не полагаться только на положения СП 14.13330.2014, так как в п. 6 № 384-ФЗ присутствует уточняющая характеристика требований: «...закон устанавливает минимально необходимые требования к зданиям и сооружениям...». Из содержания этого требования следует, что в случае разрушения здания с гибелью людей при землетрясении прокуратура имеет полное право провести проверку работы проектировщиков. Также известно, что каждый населенный пункт в России во всех отношениях является строго индивидуальным объектом капитального строительства. Именно поэтому сразу для всех населенных пунктов России с профессиональной точки зрения невозможно использовать только единый узкий перечень ответственных зданий и сооружений.

Но для определения перечня основных зданий и сооружений повышенной ответственности для конкретного населенного пункта специалисты в расчетах должны использовать как минимум следующие нормативные показатели: 1) число людей для определения уровня ответственности здания; 2) значение допустимого индивидуального сейсмического риска. В [2] автор предложил критерий назначения зданию повышенного уровня ответственности: пребывание в нем 100 и более человек и время эвакуации на открытое безопасное пространство более 4 минут. Например, в странах Европы для защиты жизни людей в зданиях используется нормативный показатель индивидуального сейсмического риска, равный $P = 10^{-6}$ [3]. Это означает, что при

сильном землетрясении в городе с населением 1 млн за 1 год допускается гибель до 100 человек. Для нашей страны ГОСТ Р 53778-2010 установил значительно увеличенное значение допустимого индивидуального сейсмического риска, равное $P \leq 5 \times 10^{-6}$. Это означает, что при землетрясении 1 раз в 500 лет (минимальная нормативная повторяемость землетрясения в России) на территории города с населением в 1 млн допускает гибель за 1 год до 2,5 тыс. человек (в 25 раз больше, чем в странах Европы).

Более того, самую ответственную работу по определению уровня ответственности этих зданий и сооружений (выбор карты сейсмической опасности) СП 14.13330.2014 доверяет выполнить заказчику по представлению генпроектировщика. Такое доверие СП 14.13330.2014 заказчику, по мнению автора, являются необоснованным и мешает проектировщикам решать вопросы по сейсмозащите зданий и сооружений повышенной ответственности при землетрясении. Более того, в [4] показано, что без перечня как ответственных зданий и сооружений, так и опасных природных явлений проектировщики просто не могут квалифицированно разработать генплан населенного пункта. Но, к сожалению, такое важнейшее требование к генплану населенного пункта в СП 42.13330.2011 отсутствует. К тому же статистика сильных землетрясений за последние примерно 30 лет свидетельствует, что они могут происходить в виде повторных сильных подземных толчков в течение первых минут после основного и продолжаться в течение многих десятков дней (25, 26, 27 апреля 2015 г. в Непале множество подземных повторных толчков с гибелью более 7 тыс. людей). При этом на сегодняшний день имеется достаточное количество исследований ученых [5, 6], которые показывают, что деформации в зданиях от каждого повторного сильного толчка суммируются с деформациями от воздействия предыдущих толчков. На этой основе сделан вывод, что каждый следующий сильный толчок может быть разрушительным для здания [5]. Так, например, повторный сильный толчок через 4 мин 20 с после основного толчка при Спитакском землетрясении 1988 г. на территории г. Ленинакана (Армения) послужил основной причиной разрушения многих десятков каркасных жилых зданий и гибели многих тысяч людей [7]. На территории Гаити в 2010 г. в течение 19 мин произошло 3 сильных толчка, которые разрушили сотни зданий и повлекли гибель многих тысяч людей [8].

В статье [9] на основании анализа повреждений в зданиях различного типа при разных землетрясениях выявлено, что после основного толчка при воздействии каждого повторного сильного толчка следующая общая степень повреждения увеличивается примерно на единицу. Учитывая опасность воздействия повторных сильных толчков, авторы федерального закона № 384-ФЗ в п. 6 ст. 16 записали, что в расчетах зданий и сооружений повышенной ответственности должна использоваться аварийная расчетная ситуация, при которой возможны редкие, но опасные силовые воздействия. Однако в расчетных положениях СП 14.13330.2014 учет воздействия первых повторных толчков отсутствует, что является грубым нарушением вышеуказанного федерального закона.

Для большей наглядности ошибочности расчетных положений СП 14.13330.2014, которая не учитывает динамичный процесс образования опасной общей степени повреждения в сейсмостойких зданиях и сооружениях при воздействиях основного и первого повторного сильного толчков, опишем его формулой:

$$X + d = P_{\text{общ.пр.доп}} \leq 3,0,$$

где $X \leq 3,0$ — предельная степень повреждения от воздействия основного толчка; $d \leq 1,0$ — усредненная степень повреждения от первого повторного толчка; $P_{\text{общ.пр.доп}}$ — общая предельно допустимая степень повреждения здания.

Согласно п. 5.18 СП 14.13330.2014, расчет зданий на сейсмические воздействия «...как правило, выполняют по предельным состояниям первой группы». ГОСТ Р 54257-2010 первую группу предельных состояний характеризует следующим образом: «...состояние строительных объектов, превышение которого ведет к потере несущей способности строительных конструкций». Согласно положениям сейсмической шкалы MSK-64, предельно допустимой степени повреждения в сейсмостойких зданиях должна быть 3-я степень, а при 4-й степени уже происходят обрушения отдельных частей здания с гибелью людей. Согласно выводам известных ученых России [10, 11], предельной степенью повреждения сейсмостойких зданий при землетрясении следует считать 3-ю степень по шкале MSK-64. Вышеприведенная формула поясняет расчетные положения СП 14.13330.2014 следующим образом: 1) от воздействия основного толчка допускается образование в здании предельно допустимой степени повреждения не более 3-й; 2) не допускается образование в здании от воздействия первого сильного толчка степени повреждения, равной $d \geq 1,0$. Однако при длительной эксплуатации зданий в их конструкциях по различным другим причинам могут образовываться значительные повреждения. Специалистам также известно, что часто здания и сооружения подвергаются воздействиям землетрясений уже тогда, когда их возраст достигает 30...50 лет. Более того, нам также известно, что в настоящее время в населенных пунктах России здания и сооружения со сроком эксплуатации 30...50 лет составляют большую часть их застройки. К сожалению, в расчетной части СП 14.13330.2014 отсутствует учет влияния эксплуатационной степени повреждения на сейсмоустойчивость зданий при землетрясении. Поэтому непризнание значительной степени повреждений многих зданий с большим сроком эксплуатации до землетрясения следует считать значительной недоработкой СП 14.13330.2014.

Необходимость установления нормативного значения предельно допустимой эксплуатационной степени повреждения ($d_{\text{эксп}}$) в зданиях и сооружениях с длительным сроком эксплуатации до землетрясения диктуется и тем условием, что это позволит сотрудникам эксплуатационной службы в сжатые сроки давать квалифицированную оценку техническому состоянию таких зданий. По сути, влияние эксплуатационной степени повреждения на сейсмоустойчивость здания при землетрясении можно приравнять к влиянию первого повторного сильного толчка, которое описывается вышеприведенной формулой. В [12] предложено значение предельно допустимой эксплуатационной степени повреждения, равное $d_{\text{эксп}} \leq 1,0$, и одновременно предельно допустимой степени повреждения при воздействии основного толчка при землетрясении, равное $X \leq 2,0$. При этих значениях степеней повреждения в здании за счет непревышения общей степени повреждения, равной $P_{\text{общ.пр.доп}} \leq 3,0$, в здании будет обеспечена сохранность его конструкций и жизнь людей.

В расчетной формуле (2) СП 14.13330.2014 в виде множителя используется коэффициент динамичности β , значение которого влияет на расчетную сейсмическую нагрузку и, соответственно, на степень сейсмозащиты зданий. В конце 90-х годов XX в. его максимальное значение $\beta = 3,0$ было снижено до 2,5. Но при этом в другом федеральном документе, НП-031-01, в котором также приведены максимальные значения коэффициента динамичности β для расчетов атомных станций, никакого снижения его значения не произошло. Более того, в НП-031-01 показана зависимость значения коэффициента динамичности β и от декремента колебания здания, который почему-то отсутствует в СП 14.13330.2014. По усредненному значению декремента колебания зданий, равного $\delta = 0,30$, который принят в неявном виде в СП 14.13330.2014, по данным НП-031-01 значение коэффициента динамичности получается равным $\beta = 3,1$. Как видим, положения НП-031-01 свидетельствуют о том, что снижение значения коэффициента динамичности в СП 14.13330.2014 до величины $\beta = 2,5$ было не обоснованным.

В статье [13] известных сейсмологов России обосновывается значение коэффициента динамичности, равное $\beta = 3,4$. Анализируя разрушения 56 каркасных зданий на территории г. Ленинакана (Армения) при Спитакском землетрясении 1988 г., автор из следующих соображений также пришел к выводу, что значение коэффициента динамичности $\beta = 3,0$ не было завышенным. Дело в том, что все эти здания были рассчитаны с учетом значения коэффициента динамичности $\beta = 3,0$. После воздействия основного толчка все эти каркасные здания получили усредненную степень повреждения $d \leq 3,5$, но устояли. Однако после воздействия первого повторного толчка через 4 мин 20 с все эти каркасные здания разрушились. Разрушение каркасных зданий только после воздействия первого повторного толчка говорит также о том, что значение коэффициента динамичности $\beta = 3,0$ в расчетах этих зданий нельзя считать завышенным. Исходя из вышеизложенного, можно сказать, что значение коэффициента динамичности, равное 2,5, по мнению автора, следует признать заниженным.

Как говорилось выше, наибольшую опасность представляет сейсмическое воздействие при землетрясении для зданий и сооружений с длительным сроком эксплуатации. Но так как в этих зданиях в момент землетрясения может находиться огромное число людей, строители в течение времени эксплуатации обязаны гарантировать надежную степень их сейсмозащиты. Именно поэтому в п. 9.5 раздела 9 ГОСТ Р 54257-2010 записано: «Для зданий и сооружений повышенного уровня ответственности (1а и 1б), а также больших мостов должен предусматриваться... их мониторинг при возведении и эксплуатации». Однако в п. 4.8 СП 14.13330.2014 предусмотрен мониторинг только для зданий и сооружений особо высокого уровня ответственности (1а) и отсутствует для зданий и сооружений высокого уровня ответственности (1б). Получается, что вышеуказанное положение СП 14.13330.2014 нарушает требование п. 9.5 раздела 9 ГОСТ Р 54257-2010, поэтому здания и сооружения высокого уровня повышенной ответственности (жилые и общественные здания) с большим сроком эксплуатации в момент землетрясения могут не обеспечить сейсмозащиту людей.

№ 384-ФЗ принимался в целях, первой и основной из которых является «защита жизни и здоровья граждан». Однако в СП 14.13330.2014 отсутствуют

положения, которые способствовали бы защите здоровья людей в зданиях при землетрясении. В [14] перечисляются основные условия в зданиях, которые, по мнению ученых-медиков, способствуют потере здоровья у людей при землетрясении: 1) люди в зданиях при сильных землетрясениях получают психическую травму, которая приводит к потере их здоровья на длительное время; 2) на повторные, очень слабые толчки в течение нескольких дней люди в зданиях могут реагировать как на основной сильный подземный толчок; 3) стремление как можно быстрее, по наикратчайшим путям, даже через оконные проемы, выйти на безопасное открытое пространство; 4) поведение людей в помещениях с одновременным пребыванием примерно 30 и более человек значительно усиливается за счет «эффекта толпы»; 5) поведение людей может усиливаться и от времени их пребывания в зданиях.

В статье [4] автор обосновал, что на реакцию людей (потеря здоровья) при землетрясении оказывают влияние также и степени повреждения в здании. Поэтому расчетное положение СП 14.13330.2014 по предельным состояниям первой группы может только способствовать потере здоровья у максимального числа людей в зданиях при землетрясении.

Ниже в табл. в сопоставительном порядке приводятся характеристики как парадигмы федеральных законов и нормативных документов РФ, так и парадигмы автора по сейсмозащите зданий и сооружений повышенной ответственности при землетрясении. В документах зарубежных стран [15—17] сейсмозащита зданий и сооружений также решается без учета защищенности населенных пунктов при землетрясении.

Содержание работы по сейсмозащите зданий и сооружений	Парадигма СП 14.13330.2014	Парадигма автора
1. Сейсмозащита населенного пункта: - длительность жизненного цикла; - расчетная сейсмическая опасность	Отсутствует Минимальная опасность	1000 лет, выполняется Максимальная опасность
2. Сейсмозащита зданий и сооружений повышенной ответственности: - определение уровня ответственности жилых и общественных зданий и сооружений; - расчетная сейсмическая опасность для большей части жилых и общественных зданий; - учет в расчетах зданий и сооружений воздействия первых повторных сильных толчков; - учет в расчетах зданий и сооружений со сроком эксплуатации 30...50 лет эксплуатационной степени повреждения; - П. 9 раздела ГОСТ Р 54257-2010 по мониторингу зданий и сооружений повышенной ответственности (1а и 1б); - Требование п. 1 ст. 1 № 384-ФЗ от 30.12.2009 по защите жизни и здоровья населения	Заказчик по критерию этажности (выше 25 этажей) Минимальная опасность Не учитывается Не допускается образование повреждений в зданиях и сооружениях - Выполняется только для зданий и сооружений 1а - Не выполняется	Рабочая группа по критерию числа людей и времени эвакуации Максимальная опасность Учитывается Учитывается 1-я степень повреждения по шкале MSK-64 - Выполняется для зданий и сооружений 1а и 1б - Выполняется

Выводы.

1. Основными характеристиками парадигмы федеральных законов и нормативных документов РФ, которые не обеспечивают сейсмозащиту зданий и сооружений на территории России при землетрясении, являются:

1.1. Населенные пункты России не признаны объектами капитального строительства.

1.2. Здания и сооружения рассматриваются в виде «отдельно стоящих» объектов, расположенных за пределами населенных пунктов.

1.3. Длительность жизненных циклов зданий и сооружений определена в короткие 50 лет.

1.4. В № 384-ФЗ, № 190-ФЗ предусмотрен единый узкий перечень зданий и сооружений повышенной ответственности, которых просто нет на территориях многих населенных пунктов.

1.5. Уровень ответственности зданий и сооружений определяет заказчик по представлению генпроектировщика.

1.6. Здания и сооружения не рассчитываются на воздействия первых повторных сильных толчков при землетрясении.

1.7. В расчетах зданий и сооружений не учитывается наличие эксплуатационной степени повреждения до землетрясения.

1.8. В расчетах зданий и сооружений на сейсмическое воздействие используется заниженное значение коэффициента динамичности $\beta = 2,5$.

1.9. Так как в расчетных положениях допускается образование большой предельно допустимой степени повреждения $d \leq 3,0$, это может только способствовать потере здоровья у максимального числа людей в зданиях при землетрясении.

1.10. Отсутствует мониторинг в зданиях и сооружениях высокого уровня (1б) ответственности.

2. Основными характеристиками парадигмы автора для сейсмозащиты населенного пункта при землетрясении являются:

2.1. Населенные пункты являются крупнейшими федеральными объектами капитального строительства на территории России.

2.2. Длительность жизненного цикла населенного пункта России определена в тысячу лет, а для крупных городов — в неограниченное время.

2.3. Перечень основных (ответственных) зданий и сооружений определяет рабочая группа региональных специалистов.

2.4. Основные (ответственные) здания и сооружения следует рассчитывать на интенсивность землетрясения по карте «В» СП 14.13330.2014 с учетом воздействия первых повторных сильных толчков.

2.5. В расчетах зданий и сооружений при воздействии главного толчка при землетрясении предельно допустимой степенью повреждения должна быть степень не более 2-й по шкале MSK-64, а при воздействии первого повторного сильного толчка — не более 1-й. В высоких зданиях и сооружениях (16 этажей и более) при воздействии первых двух повторных сильных толчков в расчетах конструкций следует предусматривать следующие предельно допустимые степени повреждения по шкале MSK-64: при воздействии главного толчка — не более 1-й степени, а при воздействиях двух повторных толчков — общая не более 2-й степени, чтобы суммарная (общая) степень повреждения в зданиях и сооружениях не превышала 3-й.

2.6. Расчетной предельно допустимой эксплуатационной степенью повреждения следует признать: в зданиях и сооружениях малой и средней этажности — не более 1-й степени, а в высоких зданиях и сооружениях (16 и более этажей) — не более 0,5 степени по шкале MSK-64.

2.7. Во всех зданиях и сооружениях повышенной ответственности (1а и 1б) с момента сдачи в эксплуатацию следует проводить их мониторинг.

2.8. В расчетных положениях зданий и сооружений с большим числом людей (повышенной ответственности) определяется защита здоровья населения.

2.9. В правительстве РФ следует предусмотреть структуру по защите населенных пунктов России при воздействии всех опасных природных явлений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Масляев А. В.* Защита населенных пунктов России от воздействия опасных природных явлений // Жилищное строительство. 2014. № 4. С. 40—43.
2. *Масляев А. В.* Основные критерии сейсмозащиты зданий и сооружений при землетрясении // Жилищное строительство. 2008. № 12. С. 24—26.
3. *Ковф Г. Л., Рюмина Е. В.* Сейсмический риск (виды, оценка, управление). М., 2003. 108 р.
4. *Масляев А. В.* Обоснование защиты жизни и здоровья населения России в зданиях при землетрясении в федеральных законах и нормативных документах РФ // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2015. № 39 (58). С. 94—100.
5. *Ананьин И. В.* Влияние многократности сейсмических воздействий на степень повреждения зданий // Источники и воздействие разрушительных сейсмических колебаний. Вопросы инженерной сейсмологии: сб. науч. тр. М., 1990. Вып. 31. С. 142—148.
6. *Обозов В. И., Мамаева Г. В.* Анализ динамических характеристик крупнопанельных зданий // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2006. № 1. С. 48—55.
7. *Уломов В. И.* Землетрясение в Армении: стихия и ответственность // Архитектура и стр-во Узбекистана. 1989. № 12. С. 1—4.
8. *Масляев А. В.* Время между первыми толчками землетрясения на Гаити определялось заранее // Жилищное строительство. 2010. № 2. С. 26—27.
9. *Масляев А. В.* Сейсмостойкость зданий с учетом повторных сильных толчков при землетрясении // Промышленное и гражданское строительство. 2008. № 3. С. 45—47.
10. *Айзенберг Я. М.* Сооружения с выключающимися связями для сейсмических районов. М., 1976.
11. *Поляков С. В.* Сейсмостойкие конструкции зданий: учеб. пособ. для вузов. М.: Высшая школа, 1983. 304 с.
12. *Масляев А. В.* Предельно допустимая степень повреждения в зданиях и сооружениях повышенной ответственности в процессе эксплуатации до землетрясения // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2012. № 29 (48). С. 80—85.
13. Отзыв о проекте СНиП «Строительство в сейсмических районах» / А. С. Алешин, Н. К. Капустян, Ф. Ф. Аптикаев, О. О. Эртелева // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2008. № 2. С. 26—27.
14. *Масляев А. В.* Сохранение здоровья людей, находящихся в зданиях при землетрясении // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2014. № 2. С. 38—42.
15. *Okamoto S.* Introduction to earthquake engineering. University of Tokyo Press, 1973.
16. Eurocode-8. Design provisions for earthquake resistance of structures.
17. *Ghoch S. K.* Trends in the Seismic Design Provisions of the U. S. Building Codes. PCJ Journal. 2001. Vol. 46. № 5. Pp. 98—102.

© *Масляев А. В.*, 2015

Поступила в редакцию
в апреле 2015 г.

Ссылка для цитирования:

Масляев А. В. Парадигма федеральных законов и нормативных документов РФ для сейсмозащиты зданий повышенной ответственности при землетрясении // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 74—84.

Об авторе:

Масляев Александр Викторович — канд. техн. наук, доц., научно-исследовательская сейсмологическая лаборатория ВолгГАСУ, эксперт ГУ РИНКЦЭ по сейсмологии и сейсмостойкому строительству, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, maslaev@mail.ru, victor3705@mail.ru

A. V. Maslyaev

**PARADIGM OF FEDERAL LAWS AND NORMATIVE DOCUMENTS
OF THE RUSSIAN FEDERATION FOR EARTHQUAKE PROTECTION OF BUILDINGS
OF ENHANCED RESPONSIBILITY AT EARTHQUAKE**

Taking into account that in Russia the main part of buildings and constructions is placed in cities, in the article the paradigm of their earthquake protection is proved only on the basis of security of settlements at earthquake. However, in Federal laws and standard documents of the Russian Federation earthquake protection of settlements is absent. In these documents buildings and constructions are considered in the form of "separate" buildings outside of settlements. Such paradigm of Federal laws and standard documents of the Russian Federation "has helped" their authors to estimate the duration of life cycles of buildings and constructions in short 50 years that allows designers to use in calculations the minimum seismic danger on a seismic card "А". In the new paradigm the author proves the duration of life cycle of settlement in 1 thousand years and more that requires to use only the maximum seismic danger for its earthquake protection. But as security of settlement at earthquake depends only on earthquake protection of its basic buildings and constructions, in calculations of their designs experts also should use only the maximum seismic danger. In the article other defects in Federal laws and standard documents of the Russian Federation are analyzed and other solutions are offered.

Key words: paradigm, settlements, buildings and constructions, life and health of people.

REFERENCES

1. Maslyaev A. V. [Protection of Russian settlements against effect of dangerous natural phenomena]. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction], 2014, no. 4, pp. 40—43.
2. Maslyaev A. V. [The main criteria of earthquake protection of buildings and constructions at earthquake]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], 2008, no. 12, pp. 24—26.
3. Koff G. L., Ryumina E. V. *Seismicheskii risk (vidy, otsenka, upravlenie)* [Seismic risk (types, assessment, management)]. Moscow, 2003. 108 p.
4. Maslyaev A. V. [Substantiation of protection of life and health of the population of Russia in buildings at earthquake in federal laws and normative documents of the Russian Federation]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 39(58), pp. 94—100.
5. Anan'in I. V. [Impact of frequent seismic load on a damage degree of buildings]. *Istochniki i vozdeistvie razrushitel'nykh seismicheskikh kolebanii. Voprosy inzhenernoi seismologii* [Sources and impact of destructive seismic fluctuations. Issues of engineering seismology]. Moscow, 1990. Iss. 31. Pp. 142—148.
6. Obozov V. I., Mamaeva G. V. [Analysis of dynamic characteristics of large-panel buildings]. *Seismostoikoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii* [Antiseismic construction. Safety of constructions], 2006, no. 1, pp. 48—55.
7. Ulomov V. I. [Earthquake in Armenia: Elements and Responsibility]. *Arhitektura i stroitel'stvo Uzbekistana* [Architecture and Construction in Uzbekistan], 1989, no. 12, pp. 1—4.
8. Maslyaev A. V. [Time between the First Shocks of Earthquake at Haiti Was Determined Beforehand]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], 2010. no. 2, pp. 26—27.

9. Maslyayev A. V. [Seismic resistance of buildings taking into account frequent rough pushes at an earthquake]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2008, no. 3, pp. 45—47.
10. Aizenberg Ya. M. *Sooruzheniya s vyklyuchayushchimisya svyazyami dlya seismicheskikh raionov* [Constructions with the switching-off communications for seismic areas]. Moscow, 1976.
11. Polyakov S. V. *Seismostoikie konstruksii zdanii* [Antiseismic designs of buildings: study guide]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1983. 304 p.
12. Maslyayev A. V. [Extrexe allowed damage degree of buildings and constructions of enhanced responsibility in operation till earthquake]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2012, no. 29 (48), pp. 80—85.
13. Aleshin A. S., Kapustyan N. K., Aptikaev F. F., Erteleva O. O. [Review on the project of Construction Standards and Regulations "Construction in seismic areas"]. *Seismostoikoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii* [Antiseismic construction. Safety of constructions], 2008, no. 2, pp. 26—27.
14. Maslyayev A. V. [Preservation the People's Health in Buildings at Earthquake]. *Prirodnye i tekhnogemnye riski. Bezopasnost' sooruzhenii* [Natural and Technogenic Risks. Safety of Structures], 2014, no. 2, pp. 38—42.
15. Okatoto S. *Introduction to earthquake engineering*. University of Tokyo Press, 1973.
16. Eurocode-8. Design provisions for earthquake resistance of structures.
17. Ghoch S. K. Trends in the Seismic Design Provisions of the U. S. Building Codes. *PCJ Journal*, 2001, 46(5), pp. 98—102.

For citation:

Maslyayev A. V. [Paradigm of Federal laws and normative documents of the Russian Federation for earthquake protection of buildings of enhanced responsibility at earthquake]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 74—84.

About author:

Maslyayev Aleksandr Viktorovitch — Candidate of Engineering Science, Docent, Scientific-and-research Seismological Laboratory, Expert of GA RRSCCE on Seismology and Antiseismic Construction, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, maslaev@mail.ru, victor3705@mail.ru

УДК 711.122:620.9

В. Э. Петров

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

МАЛОЭТАЖНОЕ МОДУЛЬНОЕ ЖИЛОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО НА ОСНОВЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА

В статье рассмотрены принципы проектирования модульной жилой застройки с применением ресурсосберегающих технологий, дано сравнение традиционного и энергоэффективного жилых домов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: экология, энергоэффективность, индивидуальные дома, модульное строительство.

К настоящему времени в мире построено огромное количество энергоэффективных зданий, но, к сожалению, они не стали образцом архитектуры конца XX в. Здесь есть вина всех: и архитекторов, и строителей, и инвесторов, и, в первую очередь, государства. Главная роль в поддержке и финансировании строительства демонстрационных энергоэффективных зданий должна принадлежать государству, потому что реализация этих проектов связана с защитой окружающей среды, повышением качества среды обитания человека, сохранением природных богатств — защитой интересов будущих поколений. Архитекторы раскрыли красоту стекла, камня, дерева, металла и даже бетона и построили много замечательных зданий из этих материалов. Но только отдельные из них смогли понять энергоэффективное здание как новый шаг в архитектуре с явными элементами искусства. От инженеров проектирование энергоэффективных зданий требует индивидуального подхода и большого количества междисциплинарных знаний. Инвесторы как заказчики строительного объекта ставят своей целью построить здание как можно дешевле и продать его как можно дороже. В последние годы из-за конкуренции между инвесторами появляется необходимость в строительстве более привлекательных с точки зрения покупателя зданий, которые существенно экономичнее в эксплуатации, более комфортны для проживания, обладают повышенными показателями безопасности.

Разрыв между практикой строительства энергоэффективных зданий и научными основами их создания и проектирования стал совершенно нетерпимым в наши дни, а порой носит спекулятивный характер. Часто энергоэффективное здание представляется как несколько независимых инновационных энергосберегающих решений. При этом оказывается не выявленным то обстоятельство, что эти независимые решения могут взаимно снижать свою первоначальную эффективность, а в некоторых случаях даже приводить к отрицательному эффекту [1].

Главная задача экологии человека — поддержание равновесия внутри человека, между ним, внешним миром и его средой. Эта задача может и должна быть решена на всех территориальных уровнях и в жилой застройке. Достижение стратегической цели экологии человека в глобальном масштабе невозможно без ее достижения на микротерриториальном уровне. Арсенал градостроитель-

ных и строительных средств при определенных подходах позволяет улучшить среду обитания человека, обеспечив его защиту от природных, антропогенных, психологических факторов в пределах селитебной зоны [2].

Жилище должно защищать человека от непогоды и создавать среду, способствующую сохранению его здоровья и работоспособности. Для этого требуется, чтобы в жилых помещениях всегда был чистый, богатый кислородом воздух необходимой влажности, чтобы комнаты легко и без сквозняков проветривались, были достаточно теплыми и хорошо освещенными. Решающее значение имеет в этом смысле размещение жилищ в здоровой местности, взаиморасположение и планировка помещений, а также качество постройки. Первоочередными требованиями к жилищу для сохранения здоровья и обеспечения хорошего самочувствия живущих являются: надежные теплозащитные качества ограждающих конструкций, окна достаточно больших размеров, расположенные с учетом расстановки мебели и оборудования, хорошее отопление и соответствующая вентиляция без сквозняков [3].

В современном мире необходимо современное жилье, важен не только облик жилого здания, но и его функциональность, поэтому и требования к его качественным характеристикам возрастают. Проблемы заключаются не только в моральном старении зданий, возрастают требования к системам регулирования жизнеобеспечения, экологическому состоянию. При этом необходима доступная стоимость. Весь этот комплекс вопросов невозможно решить без коренного изменения технологий строительства.

Такая технология с необходимыми качественными характеристиками, высокой скоростью возведения зданий, в несколько раз превышающей существующую, и намного более низкой стоимостью строительства может быть обеспечена заводским модульным строительством.

Основные преимущества модульных зданий:

- мобильность;
- автономность;
- функциональность;
- теплостойкость;
- пожаробезопасность.

Мобильность модульных зданий

1. Высокая скорость строительства. Это связано с тем, что блок-модули собираются в заводских условиях. Таким образом, процесс монтажа заключается только в соединении блок-модулей между собой, герметизации швов и установке нащельников и соединении внутренних инженерных систем через стандартные фитинги и разъемы.

2. Возможность изменения места дислокации. Так как здания собираются из отдельных блоков, их можно на эти же блоки разобрать и перевезти в другое место.

3. Использование модульных зданий или блок-контейнеров там, где невозможно вести капитальное строительство. Высокотехнологичные модульные здания гораздо легче капитальных конструкций, и, как следствие, они требуют легкий фундамент. Кроме того, поставка и монтаж готовыми блоками по сравнению с процессом капитального строительства гораздо менее трудо- и ресурсозатратны.

4. Транспортировка любым видом транспорта (железнодорожной, автотранспортом и т. д.).

Теплостойкость модульных зданий

1. Модульные здания обладают повышенной прочностью и устойчивостью к неблагоприятным погодным условиям: не поглощают влагу, не деформируются.

2. Используются в климатических районах с температурными режимами от -60 до $+60$ °С. Рабочая температура внутри помещений $+20$ °С.

3. Изготавливаются из «сэндвич-панелей» различной толщины, в зависимости от климатических условий места эксплуатации и назначения здания.

Автономность модульных зданий. Вся внутренняя инфраструктура модульного здания может быть организована независимо от централизованных наружных инженерных сетей:

- электрическое обеспечение;
- отопление;
- водоснабжение и водоочистка;
- канализация;
- вентиляция.

Пожаробезопасность модульных зданий. Модульные здания изготовлены из материалов, обеспечивающих II степень огнестойкости¹. Предел огнестойкости строительных конструкций устанавливается по времени (в минутах) наступления одного или последовательно нескольких, нормируемых для данной конструкции, признаков предельных состояний:

- потери несущей способности;
- потери целостности;
- потери теплоизолирующей способности.

Функциональность модульных зданий

1. Модульные здания различного назначения используются для обеспечения людей временным жильем в зонах бедствий, организации вахтовых поселков, модульных лабораторных и исследовательских комплексов, баз поисково-спасательных служб и т. п.

2. Идеально подходят для использования как складских и торговых бытовых помещений, так и для размещения администрации, торговых залов.

Здания собираются из холоднокатаного профиля и минераловатного утеплителя, что позволяет свести загрязнение окружающей среды к минимуму. В наше время вопрос экологичности производства считается одним из важнейших в мировом сообществе. Модульное строительство — это «зеленое» экологически дружелюбное (eco-friendly) строительство. Кроме того, невысокие модульные здания с их лаконичным дизайном с легкостью вписываются в природный ландшафт, не нарушая общего ансамбля. Они скорее становятся его лаконичной частью, олицетворяя единство природы и человека.

Также одним из преимуществ модульного заводского строительства является применение автономных источников электроснабжения, водоснабжения, теплоснабжения. Например, электроснабжение может осуществляться электростанцией типа АВЭ(Н), разработанной специально для эксплуатации модульных и промышленных зданий в местах, где отсутствует традиционная электросеть. Также электростанции АВЭ(Н) применяются в частных домо-

¹ СНиП 21-01—97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений. П 5.18. Госстрой России. М. : ГУП ЦПП, 2002.

владениях, коттеджах, фермерских хозяйствах, при строительстве объектов различного назначения в аграрном и промышленном секторах. Зачастую приобретение ветро-солнечной электростанции обусловлено необходимостью или желанием получения своей бесплатной электроэнергии.

Электростанция позволяет обеспечить электроэнергией офисное здание на 10 рабочих мест или загородный дом площадью 150 м². Вырабатывает от 450 до 720 кВт/ч в месяц. Позволяет использовать бытовые и промышленные электроприборы с пусковой мощностью до 3 кВт. Электростанция допускает ограниченное использование энергоемкого оборудования, такого как сварочные аппараты, проточные водонагреватели, станки и агрегаты. Путем подключения к электростанции дополнительных солнечных батарей и ветрогенератора можно увеличить ее мощность до 6 раз.

Водоснабжение может осуществляться системой СХВ, предназначенной для хранения, очистки, подготовки, нагрева и распределения воды из накопительной емкости в модульных зданиях. Вода для накопительной емкости привозится (питьевая) или закачивается из ближайшего водоема и очищается (техническая вода). Система комплектуется накопительной пластиковой емкостью от 2000 до 10 000 м³, насосной станцией, системой очистки и фильтрации воды и водонагревателем. В комплект системы СКВО может входить: накопительная емкость, фильтры тонкой и грубой очистки, автоматическая насосная станция, бактерицидная установка (для дезинфекции воды ультрафиолетовыми лучами), а также электрический, газовый или солнечный коллектор для нагрева воды.

Отопление может осуществляться газоконвекторной системой на баллонном газе (пропан), позволяет эффективно отапливать помещения площадью до 150 м². Принцип работы: внутри помещения устанавливается один или несколько тепловых приборов — газовых конвекторов, каждый из которых подключен к небольшой газобаллонной системе из двух баллонов, заполненных газовой смесью (пропан-бутан). Каждый газовый конвектор работает как индивидуальный мини-котел, подающий в помещение нагретый воздух. Встроенный в газовый конвектор вентилятор обеспечивает циркуляцию нагретого воздуха, а термостат поддерживает заданную температуру воздуха (диапазон от 13 до 35 градусов). Система отопления характеризуется высоким КПД (до 97 %), так как все тепло, вырабатываемое системой при сгорании газа, конвертируется в тепло помещения. Системе не требуется подключение к электросети 220 В.

Также возможно использовать радиаторную систему на баллонном газе (пропан), которая позволяет эффективно отапливать офисное здание или жилой дом до 350 м². Внутри помещения устанавливается газовый котел, к которому подключаются радиаторы системы отопления, заполненные теплоносителем (вода или антифриз). Газовый котел подключается к установленной снаружи газобаллонной системе, состоящей из 8...16 баллонов, заполненных газовой смесью (пропан-бутан). При сжигании в котле газовой смеси теплоноситель нагревается, и радиаторы отдают тепло помещению. Встроенный в газовый котел термостат поддерживает заданную температуру (диапазон от 13 до 35 градусов). При достижении необходимой температуры теплоносителя автоматически уменьшается интенсивность горения пламени в котле, благодаря чему достигается высокая экономичность работы системы. Системе не требуется подключение к электросети 220 В.

Рассмотрим преимущества модульного дома перед традиционным, для сравнения возьмем самый распространенный тип строительства индивидуального жилого дома в нашем регионе (тип А) и модульный дом заводского исполнения (тип Б). Здание А — это стандартная конструкция. Здание Б, с точки зрения стороннего наблюдателя неотличимое от здания А, на самом деле отличается от него почти во всем (табл.)

Теплотехнические и конструктивные показатели зданий

Элементы здания	Опытное здание, тип А	Опытное здание, тип Б
<i>Ограждающие конструкции</i>		
Фундамент	Ленточный монолитный	Подготовленный уплотненный грунт
Стена	Блоки из ячеистого бетона, 300 мм — несущие, включенные в работу конструкций здания, и не несущие из блоков ячеистого бетона (250 мм), утеплитель — минераловатная плита 150 мм	Теплотехнические ориентированные многослойные панели (панель ОСП, минераловатная плита)
Окна	ПВХ-профиль	Деревянные с двойным стеклопакетом, заполненные аргоном
Перекрытия	Монолитные	Деревянные и стальные фермы
Кровля	2×4 деревянные фермы Стекловолокно изол	2×4 деревянные фермы и панель OSB минеральная вата
<i>Отопление, вентиляция</i>		
Вентиляция	Местные вытяжные вентиляторы	Вентилятор с утилизацией энергии
Отопление, горячее водоснабжение	Газовый нагреватель	Система СХВ
<i>Водо- и газоснабжение</i>		
Арматура	Пластик, стандартный выпуск	Пластиковый горизонтальный мокрый выпуск
Подача	Медные	Полибутиленовые с распределительными патрубками
<i>Перегородки</i>	Деревянные стойки, сухая штукатурка	ГКЛ-перегородки
<i>Отделка</i>	Отделочный слой — штукатурка по армирующей сетке. Кровля — металлочерепица	Вентилируемый фасад: виниловый сайдинг, утеплитель 50 мм, воздушная прослойка. Черепица из уплотненной пластмассы

Общая площадь зданий равна 120 м², строительный объем равен 350 м³. Здания одноэтажные, не имеют подвала, кровля односкатная, с минимальным уклоном.

Опытное здание Б намного превосходит опытное здание А по теплотехнической эффективности оболочки. У него лучшая теплоизоляция: наружные ограждающие конструкции тип А имеют коэффициент сопротивления теплопередаче 3,37. Тип Б имеет сопротивление теплопередаче 5,83, также он более воздухопроницаем. Для всех пролетных элементов (кровли, перекрытий и т. д.) применены стропильные конструкции (фермы) или деревянные балки с параллельными слоями. Для перекрытий и настилов крыши использованы щиты из теплотехнически ориентированных многослойных панелей (OSB, oriented strand board), для теплоизоляции использована минеральная вата. Так как основное внимание в смысле использования материалов в здании уделено именно оболочке, такой выбор материалов способствует реализации принципов практической целесообразности и экологической безопасности.

Для строительства дома по типу А необходима стройплощадка, проект организации строительства и производства работ. До начала производства основных работ должен быть выполнен комплекс работ по инженерному и транспортному обеспечению строительства. Подготовительные работы включают в себя:

- оформление финансирования строительства;
 - оформление разрешений и допусков на производство работ;
 - решение вопросов об обеспечении работ электроэнергией, водой и теплом, системой связи и помещениями бытового обслуживания кадров рабочих;
 - определение поставщиков материалов;
 - отвод территории строительства;
 - решение вопроса о привлечении специализированных субподрядных организаций для выполнения отдельных видов работ;
 - подготовку строительных машин, механизмов для выполнения строительно-монтажных работ;
 - снятие и складирование в специально отведенных местах плодородного слоя почвы;
 - сдачу-приемку геодезической разбивочной основы для прокладки инженерных сетей и возведения сооружений;
 - выполнение вертикальной планировки участка;
 - устройство временного ограждения из профнастила;
 - размещение временных зданий и сооружений;
 - обеспечение строительной площадки первичными средствами пожаротушения, освещением и сотовой связью;
 - устройство защитного ограждения, обеспечивающего безопасность производства работ;
 - вырубку деревьев, попадающих в рабочий радиус крана;
 - вынос существующих сетей, попадающих в котлован;
 - монтаж электросети рабочего, охранного, аварийного освещения;
 - прокладку кабеля для подключения электрооборудования, электроинструментов;
 - прокладку временных сетей (водопровод, канализация);
 - устройство временных дорог с организацией въезда и выезда автотранспорта.
- До начала производства работ должна быть подготовлена площадка для стока поверхностных вод. Для этого необходимо выполнить временные водотводные каналы.

Для транспортировки грузов необходимо предусмотреть временные дороги. Ширина проезжей части дороги² — 3,5 м.

Для строительства дома по типу Б необходимо подготовить площадку под строительство. Модульные здания состоят из отдельных элементов, они компактны и экономичны в транспортировке, сборка происходит при помощи легкого автокрана. На опытном здании Б с успехом показано, что при изменении технологии его строительства можно достичь отличных эксплуатационных характеристик. На очереди стоит следующая задача: чтобы строители по всей стране научились воспроизводить такие же эксплуатационные характеристики эффективным с учетом затрат способом. Существует еще множество других ресурсоэффективных технологий, но самая распространенная и эффективная — это устойчивая теплоизоляция. Что неслучайно, ведь во многом именно теплоизоляция определяет энергоэффективность сооружения [4].

Строительный опыт показывает, что тщательный анализ технологии строительства во многих случаях позволяет значительно снизить стоимость каркаса здания. Экономленные средства можно потратить на усовершенствование окон, теплоизоляции и повышение воздухопроницаемости, что означает снижение тепловых нагрузок и уменьшение мощности системы отопления, водоснабжения и канализации. Систему отопления, водоснабжения и канализации можно усовершенствовать за счет теплоизоляции каналов, герметизации и применения оборудования с более высоким КПД. Выигрыш владельца здания будет состоять в уменьшении затрат на оплату энергии, и с учетом такой экономии он сможет позволить себе приобрести дом более высоких потребительских качеств [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Табунициков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания. М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. 100 с.
2. Сидоренко В. Ф. Теоретические и методологические основы экологического строительства. Волгоград, 2000.
3. Ernst and Peter Neufert. Architects data. Third edition, 2011 Blackwell Science. P. 19.
4. Шукин А. Время пилотных экопроектов // Проект Россия. 2014. № 71. С. 83.
5. Джон К. Холтон. Энергоэкономичные малоэтажные жилые здания. М.: АВОК-ПРЕСС, 1998.

© Петров В. Э., 2015

Поступила в редакцию
в апреле 2015 г.

Ссылка для цитирования:

Петров В. Э. Малоэтажное модульное жилое строительство на основе экологического подхода // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 85—92.

Об авторе:

Петров Всеволод Эдвинович — ассистент кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолГАСУ). 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, rainboss@yandex.ru

² СНиП 12-01—2004. Организация строительства. Изд. Росстрой, Москва 2004.

V. E. Petrov

LOW-RISE UNIT RESIDENTIAL CONSTRUCTION BASED ON ENVIRONMENTAL APPROACH

The article provides the principles of design of unit residential construction with the use of resource-saving technologies, as well as the comparison of traditional and energy-efficient houses.

Key words: ecology, energy efficiency, individual houses, unit construction.

REFERENCES

1. Tabunshchikov Yu. A., Brodach M. M., Shilkin N. V. *Energoeffektivnye zdaniya* [Energy efficient buildings]. Moscow, AVOK-PRESS Publ., 2003. 100 p.
2. Sidorenko V. F. *Teoreticheskie i metodologicheskie osnovy ekologicheskogo stroitel'stva* [Theoretical and methodological bases of ecological construction], Volgograd, 2000.
3. Ernst and Peter Neufert. *Architects data*. Third edition, 2011 Blackwell Science. P. 19.
4. Shchukin A. *Vremya pilotnykh ekoproektov* [Time of pilot eco-projects]. *Proekt Rossiya* [Project Russia], 2014, no. 71, pp. 83.
5. John K. Holton. *Energoekonomichnye maloetazhnye zhilye zdaniya* [Energy-efficient low-rise residential buildings]. Moscow, AVOK-PRESS Publ., 1998.

For citation:

Petrov V. E. [Low-rise unit residential construction based on environmental approach]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 85—92.

About author:

Petrov Vsevolod Edvinovich — Assistant of Urban Planning and Theory of Architecture Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, rainboss@yandex.ru

УДК 711.122:620.9

В. Э. Петров

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И МОДЕРНИЗАЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Рассмотрены принципы и методы обеспечения экологической безопасности строительства. Описаны критерии и методы оценки потребительских качеств здания.

К л ю ч е в ы е с л о в а: экология, энергоэффективность, модернизация, потребительские качества, микроклимат помещений, инженерные системы.

Для целей экологического строительства из сложной системы «город» выделяются наиболее важные структуры: селитебная территория, жилищное строительство (строительная площадка) и жилище. При этом строительная площадка жилого дома или градостроительного объекта сначала рассматривается как подсистема, требующая анализа и учета воздействия факторов окружающей среды будущего жилья, а затем как источник кратковременного негативного воздействия (шум, загазованность, запыленность) на прилегающую территорию. Наиболее пристального внимания требует подсистема «жилище», в которой сосредоточена большая часть времени пребывания человека (50 % и более). В экологическом строительстве под городской средой понимается только селитебная зона как система для жилищного строительства.

Жилище как подсистема города должно обладать наивысшими качествами, ограждать как от природных, так и физических факторов воздействия. В селитебной зоне главными особенностями, определяющими необходимость выделения ее в качестве самостоятельной системы, являются:

многообразие формирующих ее компонентов, которые характеризуются разнокачественностью и разнотипностью прямых и обратных связей и взаимодействий;

относительная целостность (функциональная и пространственная);

динамический характер развития системы в целом, включающий в то же время наличие относительно консервативных (стабильных) в развитии факторов и неравномерность в развитии;

определенная инерционность основной структуры города — селитьбы;

конфликтность ситуаций (проблема выбора взаимоисключающих возможностей) [1].

В основе концепции проектирования современных зданий лежит идея, что состояние окружающей нас среды оказывает непосредственное влияние на качество нашей жизни дома, на рабочем месте или в местах общего пользования, составляющих основу наших городов. Такое выделение социальных аспектов является признанием того, что архитектура и строительство развиваются на основе потребностей людей — как духовных, так и материальных.

Социальные требования:

создание городской архитектуры, обеспечивающей высокое качество среды обитания людей;

сохранение окружающей среды;
экономичность при поддержании жизненного цикла.
Экологические и энергетические требования:
отказ от использования технологических процессов и источников энергии, загрязняющих окружающую среду;
сокращение использования природного топлива;
увеличение объема использования возобновляемых источников энергии;
повышение качества микроклимата помещений;
утилизация теплоты и повторное использование водных ресурсов.

Можно сформулировать следующие **социальные требования**, которым должны отвечать проекты энергоэффективных поселков и жилых районов:

1. Создание городской архитектуры, обеспечивающей высокое качество среды обитания людей. Эту категорию требований обеспечивают такие критерии, как доступность общественного транспорта, которая определяется как дальность пешеходного подхода к остановке общественного транспорта. Критерий доступности объектов социально-бытовой инфраструктуры может быть выражен как общее число объектов торговли, связи, бытовых, банковских услуг и аптек, объектов здравоохранения и образования. Отдельно рассматривается количество таких объектов непосредственно в здании. Оценивается обеспеченность придомовой территории физкультурно-оздоровительными, спортивными сооружениями и игровыми площадками. Важный в современных условиях критерий — обеспеченность стоянками для автомобилей.

Озелененность территории можно определить как отношение площади озелененной придомовой территории к общей площади придомовой территории. Может быть использовано и озеленение непосредственно самого здания, которое оценивается как доля площади сада на крыше или озелененной крыши в общей площади кровли, наличие элементов вертикального озеленения (трельяжи, шпалеры, перголы), наличие зимнего сада с элементами мобильного озеленения (цветочницы, вазоны).

Близость водной среды определяется наличием незаболоченных естественных и искусственных водных объектов на придомовой территории, таких как открытый бассейн, искусственный пруд с проточной водой, фонтан, декоративный водоем (водопад). Инсоляция прилегающей территории, защищенность придомовой территории от шума и инфразвука, защищенность от ионизирующих и электромагнитных излучений может быть определена в ходе инженерно-экологических изысканий.

Визуальный комфорт может быть определен методом экспертных оценок, по субъективным оценкам отсутствия монотонности пейзажа, фасадов, крыш, окон, интерьеров. Качество архитектурного облика также определяется методом экспертной оценки гармонии здания с внешней застройкой, соответствием функциональному назначению, оригинальностью, эстетичностью, идеальностью цветовых решений. Оцениваются соответствие облика здания окружающей застройке, функциональному назначению и эстетическим предпочтениям, а также оригинальность, уникальность, новизна архитектуры и эстетическое совершенство (СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011. Здания жилые и общественные. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания).

Здесь же можно оценить оптимальность формы и ориентации здания, этот критерий показывает, насколько хорошо архитектору или инженеру уда-

лось использовать положительное и минимизировать отрицательное влияние наружного климата. Оценка оптимальности формы и ориентации здания может быть выполнена в соответствии с методикой [2].

2. Сохранение окружающей среды. Эту категорию требований определяют критерии, которые позволяют обеспечить качество санитарной защиты (например, в здании могут быть предусмотрены автоматизированные системы антибактериальной обработки — УФ-установки, озонирование); качество организации сбора и утилизации отходов (организация первичной сортировки отходов, система утилизации использованных ртутных отходов).

Другая категория требований определяется минимизацией воздействия материалов, используемых в строительстве, на экологию окружающей среды. При строительстве должна быть использована определенная доля экологически сертифицированных (маркированных) строительных материалов и конструкций.

Необходимо повышать долю местных строительных материалов, вторичного сырья и материалов, а также изделий из сырья растительного происхождения. Это, например, отделочные материалы, краски, покрытия на основе естественных (природных) материалов, теплоизоляция на основе естественных (природных) материалов (базальты, песок, древесина).

Требования по минимизации отходов во время выполнения строительных работ могут быть выполнены при вторичной переработке или использовании отходов (из стекла, стекловолокна, бетона, раствора, кирпича, дерева, черных и цветных металлов).

Мероприятия по защите и восстановлению внешней среды в процессе строительства включают в себя складирование почвенного слоя с его последующим применением на участке, свободном от застройки; пылеподавление, мойку и чистку транспорта; регулируемый сток ливневых вод к единому месту сбора; очистку сточных вод; восстановление (рекультивацию) участка с использованием плодородной почвы; компенсационное озеленение в объеме более 100 % древесных насаждений, удаленных (уничтоженных) в процессе строительства.

Минимизация воздействия от эксплуатации и утилизации здания включает, например, использование озонобезопасных хладагентов, применение экологически нейтральных противогололедных реагентов, удобрений для озеленения и средств уборки, отказ от использования ртутьсодержащих ламп, применение в эксплуатации здания машин и механизмов, работающих на электричестве или на экологическом топливе.

3. Экономичность при поддержании жизненного цикла. Для оценки экономической эффективности объекта строительства могут быть использованы критерии стоимости дисконтированных инвестиционных затрат, которая не должна существенно превышать стоимость аналогичного объекта, удовлетворяющего минимально необходимым требованиям. Среднегодовая стоимость затрат по эксплуатации объекта (энергия, вода, обслуживание, ремонт) должна быть ниже аналогичных затрат по традиционному объекту-аналогу. И в целом стоимость приведенных совокупных затрат по жизненному циклу объекта должна быть ниже совокупных затрат по объекту-аналогу.

Среди **экологических и энергетических требований** выделяются:

1. Отказ от использования технологических процессов и источников энергии, загрязняющих окружающую среду; сокращение использования при-

родного топлива; увеличение объема использования возобновляемых источников энергии. Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, на горячее водоснабжение, расход электроэнергии является одним из важнейших критериев, определяющих энергетическую эффективность объекта строительства. Все это может быть обеспечено при внедрении целого ряда энергосберегающих мероприятий как с точки зрения архитектуры объекта, так и с точки зрения его инженерного оборудования [3].

2. Повышение качества микроклимата помещений. Качество микроклимата помещений определяется рядом критериев. Это, в первую очередь, критерий воздушно-теплого комфорта. Для его обеспечения предусматриваются мероприятия для оптимизации температуры, влажности, воздухообмена, как правило, с возможностью индивидуального или автоматического регулирования этих параметров. Кроме воздушно-теплого, должны быть обеспечены световой и акустический комфорт, защищенность помещений от накопления радона.

3. Утилизация теплоты и повторное использование водных ресурсов. Доля вторичной энергии в годовом энергобалансе современного здания должна составлять для условий нашей страны 20 % и более. Это может быть теплота вентиляционных выбросов, канализационных стоков, технологических процессов.

В критерии водосбережения входят, например, снижение удельного потребления воды на человека в год, разделение водопровода на технологический и питьевой (это простейшее мероприятие позволяет существенно снизить потребление воды питьевого качества). Мероприятия по утилизации стоков предусматривают повторное использование серых стоков для слива в унитазах и писсуарах, сбор ливневых вод, их очистку и использование в системе технологического водопровода, сбор ливневых вод для полива прилегающей территории (ландшафтное орошение) таким образом, чтобы доля оборотного водоснабжения в общем объеме водопотребления составляла 20 % и более.

Предусматривается применение водосберегающей арматуры, системы контроля и регулирования давления воды и учета расхода воды у конечных потребителей, применение водосберегающих смывных бачков, душевых сеток, смесителей.

На сегодняшний день ситуация с нехваткой нормативных документов приводит к тому, что в эксплуатацию вводятся дома, не отвечающие принятым требованиям. Постановлением Правительства № 18 от 25.01.2011 было установлено поэтапное снижение энергопотребления зданий от базового уровня 2009 г. В 2011—2015 гг. оно должно было быть снижено на 15 %, в 2016—2020 гг. — не менее чем на 30 %, а начиная с 2021 г. снижение должно составить не менее 40 %.

Сегодня фактическое удельное энергопотребление многоквартирных домов превышает нормативное на 60...70 %, а усредненный расход тепловой энергии, который тратится на горячую воду и отопление в России ежегодно, составляет 74 кг условного топлива на 1 м². Для сравнения: в Европе средний расход в два-три раза меньше. Например, в Скандинавских странах со схожим климатом на тепло и горячую воду тратится не более 18 кг условного топлива [4].

В России энергосбережение не поддерживается финансово. В западных странах инвесторы и застройщики, использующие в проектировании и строительстве энергосберегающие материалы и технологии, получают различные преференции. Это могут быть гарантированные строительные подряды, льготные процентные ставки при кредитовании и др.

Что касается реконструкции существующих зданий, не отвечающих требованиям экологической безопасности и энергоэффективности, то сложились некоторые приемы по улучшению данной ситуации. Например, сегодня широко используется конструктивная система универсального утепления наружных стен зданий, которое предусматривает крепление на определенном расстоянии от стены облицовочных бетонных плиток заводского изготовления и заполнение образуемого пространства утеплителем.

Также большая потеря тепла происходит из-за неэффективного остекления. Теплопотери через окна достигают 50 % от общих теплопотерь через ограждающие конструкции, поэтому в первую очередь необходимо повышать теплозащитные свойства окон. Оконные заполнения из древесины и стеклопластика с тройным остеклением, в виде стеклопакетов, с двойным остеклением и слоем пленки обеспечивают нормативные теплозащитные требования. При реконструкции снижение теплопотерь через окна может быть обеспечено посредством утепления откосов с установкой наличников и путем установки светопрозрачного экрана в межстекольном пространстве оконного блока с раздельными или спаренными переплетами. Введение экрана позволяет ограничить естественную конвекцию в прослойках и добиться расчетного режима теплопроводности в окнах. При одновременном учете светотехнических и теплотехнических свойств конструкций окна с экранами имеют большую энергоэффективность.

Одним из направлений развития энергосбережения в строительстве являются окна с теплоотражающими стеклами. Использование таких окон в жилищном строительстве позволяет снизить потери тепла через них до 40 %. В этом случае окупаемость дополнительных затрат не превышает 1,5 лет.

Традиционными материалами для изготовления оконных переплетов являются древесина, сталь и алюминий. Среди полимерных материалов для применения в конструкциях оконных и дверных блоков наиболее приемлемы стеклонаполненные терморезистивные материалы на основе полиэфирных смол — полиэфирные пластики. Эти материалы обладают всеми положительными качествами полимеров, не имея недостатков, присущих термопластам. Например, полиэфирные стеклопластики обладают теплопроводностью дерева, прочностью и долговечностью металла, биологической стойкостью, влаго- и атмосферостойкостью полимера (табл. 1).

При реконструкции жилых домов в значительной части случаев надстраиваются мансардные этажи из легких конструкций и материалов с повышенными теплозащитными свойствами [5].

Перспективным решением облегченных конструкций, каркасов мансардных этажей являются каркасы с использованием металлодеревянных конструкций, сочетающих преимущества дерева и металла. Совместная работа металлического листа и обжимающих его деревянных досок позволяет существенно снизить вес конструкции и уменьшить расход металла в 4 раза при обеспечении необходимой несущей способности.

Таблица 1

*Сравнительные физико-механические и теплофизические свойства
различных материалов*

Физико-механические характеристики	Стеклопластик	Стекло	ПВХ	Сталь	Алюминий	Древесина (сосна)
Плотность, т/м ³	1,6...2,0	2,2	1,4	7,8	2,7	0,46...0,53
Разрушающее напряжение при сжатии (растяжении), мН/м ² (МПа)	410...1180	35	41...48	410...480	80...430	40...80
Разрушающее напряжение при изгибе, мН/м ² (МПа)	690...1240	25...50	80	400	275	80
Модуль упругости при растяжении, ГПа	21...41	50...85	2,8	210	70	11
Модуль упругости при изгибе, ГПа	27...41	50...85	2,8	210	70	10
Коэффициент линейного расширения, ×10 ⁻⁶ °С	5...14	3,2...11	57...75	11...14	22...23	5,4...34
Коэффициент теплопроводности, Вт/м · °С	0,3...0,35	0,45	0,15...0,35	46	140...190	0,04...0,1

Энергоэффективность мансардных надстроек обеспечивается, помимо эффективных ограждающих конструкций, также выбором рациональных систем отопления.

При отсутствии резервных мощностей наиболее эффективным решением теплоснабжения мансардных надстроек является использование индивидуальных поквартирных котлов. При этом варианте минимальны как капитальные затраты, так и годовые эксплуатационные расходы.

Большой эффект энергосбережения достигается при помощи модернизации или проектирования и строительства новых инженерных систем, новых источников энергии, нового оборудования и использование измерительных приборов. Рекомендуемые мероприятия по оптимизации энергосбережения в инженерных системах:

использование высокопроизводительного котельного оборудования, в том числе локальных котельных контейнерного типа, при размещении которых на крыше зданий исключается необходимость в тепловых сетях;

переход на автоматизированные индивидуальные тепловые пункты с исключением применения струйных смесителей-насосов (элеваторов) со свободным количественным и качественным регулированием теплоносителя для пофасадной и секционной подачи. Установление режимов отопления для дневного, ночного времени, зимнего и осенне-весеннего периодов, выходного дня, дежурного отопления и т. д.;

переход на автономные, независимые от централизованного теплоснабжения системы горячего водоснабжения с использованием поквартирных газовых или электроводонагревателей и двухставочного тарифа платы за электроэнергию.

До 25 % от общего возможного эффекта по экономии тепловой энергии можно получить при установке поквартирных приборов учета расходования горячей воды (8...10 %), приборов учета и регулирования систем отопления, способствующих исключению перегрева помещений при межсезонном и временном повышении температуры наружного воздуха, и комнатного регулирования температуры в отопительный период (10...12 %).

При реконструкции существующих домов и проектировании новых целесообразно применять принципиально новые системы отопления.

Наибольшее распространение в массовом жилищном строительстве в России получили вертикальные однотрубные системы отопления. В указанных системах невозможно в полной мере реализовать потенциальные возможности энергосбережения. Организация поквартирного учета расходования теплоносителя в этих системах сложна технически и требует больших материальных затрат. Существенная экономия тепловой энергии и повышение уровня теплового комфорта в отапливаемых помещениях достигается при применении горизонтальных систем отопления с поквартирным распределением теплоносителя. Экономия тепловой энергии при эксплуатации рассматриваемых систем составляет 20...25 % за отопительный сезон по сравнению с существующими вертикальными однотрубными системами отопления.

Ориентировочные расчеты показывают, что при совокупной реализации мероприятий по модернизации инженерных систем расходы тепла в жилых и общественных зданиях на отопление и нагрев приточного или инфильтрующего воздуха возможно сократить на 30...40 %. При этом единовременные капитальные затраты будут значительно (от 2 до 10 раз) ниже, чем затраты на увеличение термического сопротивления стен.

В целом возможно реально довести расчетные потери тепла в жилых зданиях до уровня, достигнутого в передовых странах¹, — 30...35 Вт/м².

Термин «экологическая безопасность жилища» включает в себя систему показателей, значимость которых постоянно возрастает вместе с ростом знаний о радиационной активности строительных материалов и об их влиянии на самочувствие и здоровье людей, о поступлении радона, об аэрозолях и других загрязняющих веществах. «Энергетическую эффективность здания» принято характеризовать сегодня величиной удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания в холодный и переходный периоды года [6]. Минимум показателей влияния здания на окружающую среду включает выделение углекислого газа от сжигания топлива или бытового газа, количество сточных вод, бытовой мусор. Необходимо составить методику оценки потребительских качеств жилища (табл. 2).

Необходимо обратить внимание на тот факт, что при составлении методической основы потребительских качеств здания показатели имеют различную физику и механику, а некоторые из этих качеств не поддаются научному описанию, что затрудняет возможность решения задачи оценки потребительских качеств здания. В сложившейся ситуации методологической основой решения задачи оценки потребительских качеств здания может служить методология экспертных оценок [7].

¹ Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению. МГСН.01-99.

Т а б л и ц а 2

Критерии оценки систем обеспечения микроклимата проектируемого здания

Характеристики показателя потребительских качеств здания	Исходные показатели	Минимально необходимое улучшение	Максимально возможное улучшение
Возможность регулирования температуры внутреннего воздуха	Централизованное регулирование в холодный и переходные периоды года	Индивидуальное регулирование в холодный и переходные периоды года	Индивидуальное регулирование в течение всего года
Возможность регулирования воздухообмена помещений	Естественная приточно-вытяжная вентиляция	Регулируемая естественная приточно-вытяжная вентиляция	Регулируемая естественная приточная вентиляция и механическая вытяжная вентиляция

В зависимости от ситуации предметом оценки потребительских качеств здания будет выступать потребительский показатель, который каждый раз будет меняться в зависимости от потребностей. Например, в одних случаях на первый план выйдет оценка микроклимата, в других — оценка показателей энергоэффективности зданий или утилизация бытовых отходов. Пример оценки потребительских качеств здания приведен в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Критерии оценки энергетической эффективности проектируемого здания

Характеристики показателя	Исходные показатели	Минимально необходимое улучшение	Максимально возможное улучшение
Затраты энергии на отопление, кВт·ч/м ²	50	45	40
Затраты энергии на вентиляцию, кВт·ч/м ²	45	39	35
Затраты энергии на горячее водоснабжение, кВт·ч/м ²	110	90	70
Использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии	Отсутствуют	Использование вторичного тепла	Использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии
Общие затраты энергии, кВт·ч/м ²	205	174	145

Предлагаемая методика оценки потребительских качеств здания или жилища содержит три ключевых положения:

1. Выбор главного или главных показателей потребительских качеств здания или жилища.

2. «Наполнение» показателей потребительских качеств их характеристиками.

3. Обоснование характеристик значениями «исходных показателей», значениями «минимально необходимого улучшения» и «максимально возможного улучшения».

Опытные специалисты-эксперты вряд ли допустят существенную ошибку в определении главного и дополнительных показателей и в их «наполнении». Наиболее серьезная работа будет связана с обоснованием показателей «минимально необходимого улучшения», т. к. их значения содержат в неявном виде дополнительные единовременные затраты и снижение эксплуатационных расходов.

Рассмотрим это обстоятельство на примере «затрат тепла на отопление», которые будем характеризовать величиной удельного расхода тепловой энергии на отопление здания в холодный и переходные периоды, и примем эту величину равной $50 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ при общей потребности в тепловой энергии на отопление, равной $830\,000 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$. При стоимости тепловой энергии $0,36 \text{ руб.}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ годовые затраты на отопление здания составляют $300\,000 \text{ руб.}$ [9].

Расположение и функциональное назначение сооружения, его конструктивная гибкость и технологический ресурс, ориентация, форма и конструкция его системы обогрева и вентиляции, характеристики используемых при строительстве материалов — все эти параметры влияют на количество энергии, требующейся для возведения, эксплуатации и технического обслуживания здания, а также для транспорта, движущегося к нему и от него.

Термины, характеризующие потребительские качества зданий:

Энергетическая эффективность здания. Ее принято характеризовать сегодня величиной удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания в холодный и переходный периоды года. Однако этот показатель следовало бы понимать значительно шире, имея в виду установочную мощность системы отопления, затраты энергии на кондиционирование воздуха помещений в течение летнего периода, установочную мощность системы охлаждения и, наконец, затраты энергии на климатизацию помещений в годовом периоде.

Системы обеспечения качества микроклимата. Это устройства и оборудование для обеспечения санитарно-гигиенических показателей помещения: температуры, влажности, подвижности и газового состава воздуха, радиационной температуры помещения.

Гармонизация здания с естественной окружающей средой. Означает, что здание как некоторое искусственное образование в этой среде должно не только не разрушать или сохранять ее, но даже стремиться к улучшению этой среды. Минимизация влияния здания на окружающую среду включает в себя уменьшение выделения углекислого газа от сжигания топлива или бытового газа, количества сточных вод, бытового мусора [9].

Экологическая безопасность жилища. Включает в себя систему показателей, значимость которых постоянно возрастает вместе с ростом знаний о радиационной активности строительных материалов и об их влиянии на самочувствие и здоровье людей, о поступлении радона, об аэрозолях и других загрязняющих веществах.

Интеллектуализация здания. В соответствии с содержанием данной статьи включает в себя уровень автоматизации систем обеспечения микроклимата помещений. Однако, учитывая сегодняшнюю обстановку, содержание данного термина следует дополнить требованиями к автоматизации систем пожароповещения и тушения, безопасности и защиты от террористических актов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Сидоренко В. Ф.* Теоретические и методологические основы экологического строительства. Волгоград, 2000.
2. *Табунчиков Ю. А., Бродач М. М.* Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2002.
3. *Табунчиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В.* Энергоэффективные здания. М.: АВОК-ПРЕСС, 2003.
4. *Речменский В.* Энергосбережение по-русски // Инновации, экология, выставки-2015. URL: <http://www.rcmm.ru/content/topics/875.html>
5. *Булгаков С. Н.* Энергоэффективные строительные системы и технологии // АВОК. 1999. № 2. С. 6—13.
6. *Попырин Л. С.* Математическое моделирование и оптимизации теплоэнергетических установок. М.: Энергия, 1978.
7. *Табунчиков Ю. А.* Потребительские качества здания // АВОК. 2004. № 4. С. 8—15.
8. *Бродач М. М.* Концепция оценки эффективности инвестиций в теплоэнергоснабжение и энергосбережение зданий // Энергосбережение. 2007. № 1. С. 26—31.
9. *Табунчиков Ю. А.* Экологическая безопасность жилища // ЕКОТЕСО. № 10. URL: <http://www.ecoteco.ru/library/magazine/zhurnal-10/ekologiya/ekologicheskaya-bezопасnost-zhilischa/>

© Петров В. Э., 2015

Поступила в редакцию
в мае 2015 г.

Ссылка для цитирования:

Петров В. Э. Обеспечение экологической безопасности при строительстве и модернизации жилых зданий // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 93—103.

Об авторе:

Петров Всеволод Эдвинович — ассистент кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, rainboss@yandex.ru

V. E. Petrov

ASSURANCE OF ENVIRONMENTAL SAFETY AT CONSTRUCTION AND MODERNIZATION OF RESIDENTIAL BUILDINGS

The article describes the principles and methods of environmental safety at construction. The author describes the criteria and methods of evaluation of consumer qualities of the building.

Key words: ecology, energy efficiency, modernization, consumer quality, indoor microclimate, engineering systems.

REFERENCES

1. Sidorenko V. F. *Teoreticheskie i metodologicheskie osnovy ekologicheskogo stroitel'stva* [Theoretical and methodological bases of ecological construction]. Volgograd, 2000.
2. Tabunshchikov Yu. A., Brodach M. M. *Matematicheskoe modelirovanie i optimizatsiya teplovoi effektivnosti zdanii* [Mathematical modeling and optimization of thermal efficiency of buildings]. Moscow, AVOK-PRESS Publ., 2002.
3. Tabunshchikov Yu. A., Brodach M. M., Shilkin N. V. *Energoeffektivnye zdaniya* [Energy efficient buildings]. Moscow, AVOK-PRESS Publ., 2003.
4. Rechmenskii V. [Energy efficiency in Russian style]. *Innovatsii, ekologiya, vystavki-2015* [Innovations, ecology, exhibitions-2015]. URL: <http://www.rcmm.ru/content/topics/875.html>
5. Bulgakov S. N. [Energy efficient construction systems and technologies]. *AVOK* [Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics], 1999, no. 2, pp. 6—13.
6. Popyrin L. S. *Matematicheskoe modelirovanie i optimizatsii teploenergeticheskikh ustanovok* [Mathematical modeling and optimization of heat and power installations]. Moscow, Energiya Publ., 1978.
7. Tabunshchikov Yu. A. [Consumer qualities of the building]. *AVOK* [Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics], 2004, no. 4, pp. 8—15.
8. Brodach M. M. [Concept of the assessment of efficiency of investments in heat and power supply and energy efficiency of buildings]. *Energosberezhenie* [Energy efficiency], 2007, no. 1, pp. 26—31.
9. Tabunshchikov Yu. A. [Ecological safety of housing]. *EKOTECO*, no. 10. URL: <http://www.ecoteco.ru/library/magazine/zhurnal-10/ekologiya/ekologicheskaya-bezopasnost-zhilischa/>

For citation:

Petrov V. E. [Assurance of environmental safety at construction and modernization of residential buildings]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 93—103.

About author:

Petrov Vsevolod Edvinovich — Assistant of Urban Planning and Theory of Architecture Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, rainboss@yandex.ru

УДК 001.895:502:061.5

О. П. Сидельникова, Ю. Д. Козлов

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

ВНЕДРЕНИЕ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ — ЭФФЕКТИВНЫЙ ПУТЬ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В СТРАНЕ

Важным направлением деятельности в любой стране является реализация мероприятий, направленных на сохранение и улучшение среды обитания, на преодоление отрицательных последствий научно-технического прогресса.

Одним из крупных решений в России было замещение органического топлива ядерным. Созданы безопасные ядерные реакторы с гелевым теплоносителем и шаровыми тепловыделяющими элементами, позволяющими использовать их активность в определенных условиях для обработки материалов, сельхозпродуктов, медицинских целей. Большое развитие получили технологии производства искусственных источников γ -излучения (^{60}Co , ^{137}Cs , ^{90}Sr). Это дало возможность без наличия атомных станций развивать технологии модифицирования материалов. Развитие названного направления позволяет эффективнее решать экономические и экологические проблемы.

Ключевые слова: атомные электростанции, источники излучения, тепловыделяющие элементы, радиационная безопасность, ядерные реакторы, реактор блочного типа, мощность установки, радионуклиды, радиационно-химическая технология, полимерные материалы, бетоно-полимерные материалы, древесно-полимерные материалы, радиационное модифицирование, радиационная очистка, экономическая эффективность, экологически чистые материалы.

В настоящее время одним из важнейших направлений деятельности государства является проведение мероприятий, направленных на сохранение и улучшение среды обитания, на преодоление отрицательных последствий научно-технического прогресса. Экологические проблемы, пожалуй, больше, чем какие-либо другие, стоящие перед человечеством, интернациональны по своему существу: они не имеют границ. Планетарный характер воздействия человека на окружающую среду требует осуществления общенациональных и межгосударственных программ (проектов) и, в конечном счете, международного сотрудничества на основе использования всех современных достижений науки и техники. В соответствии с Конституцией нашей страны обеспечение единой государственной политики в области охраны окружающей среды относится к числу важнейших задач правительства Российской Федерации. Самыми крупными источниками глобального загрязнения окружающей среды, представляющими сегодня реальную опасность для устойчивого развития крупных регионов, являются тепловые электростанции, промышленные и коммунальные котельные, химические и металлургические предприятия, на которых сжигается большая часть добываемых органических ископаемых; при этом образуются и выбрасываются в атмосферу колоссальные количества вредных отходов (диоксид серы, оксиды азота и углерода, аэрозоли и пыль, содержащие радионуклиды, и др.).

Эти невозобновляемые и становящиеся со временем все более дорогостоящими источники энергии являются в то же время необходимым и дефи-

цитным сырьем для химической технологии и важнейшим продуктом экспорта нашей страны. Однако, несмотря на все это, мы упорно продолжаем, по меткому выражению Д. И. Менделеева более чем 100-летней давности, «топить асигнациями» промышленные печи на химических и металлургических предприятиях, различные котельные на тепловых и электрических станциях и пр.

Очевидно, что усилия ученых, инженеров и соответствующих исполнительных органов незамедлительно должны быть направлены на значительное сокращение, а впоследствии на максимально возможное сокращение нерационального использования ценнейших углеродосодержащих сырьевых ресурсов, непременно сопровождающегося не менее варварским загрязнением и уничтожением среды обитания, что может в конечном счете привести к экоциду [1].

В настоящее время наиболее научно и технически обоснованным путем решения важнейших экологических проблем является крупномасштабное замещение органического топлива ядерным. Однако до сих пор атомная энергетика используется практически лишь для производства электроэнергии. В 1992 г. электроэнергия, вырабатываемая на АЭС во всем мире, составляла около 17 %, а в нашей стране — немногим более 11 %; за счет этого производства экономится около 40 млн т условного топлива в год. Вклад атомной энергетик в общий топливно-энергетический баланс РФ составляет при этом всего 3 %. Таким образом, даже если всю электроэнергию в стране производить на АЭС, то экономия сжигаемого в настоящее время органического топлива составит более 25 %. Следовательно, для более крупномасштабного замещения органического топлива ядерным (без чего невозможно существенно улучшить экологическую обстановку в стране) необходимо использовать атомные реакторы не только в электроэнергетике, но также (в большей степени) в теплоэнергетике для снабжения теплом среднего и низкого потенциалов промышленных производств и объектов коммунального хозяйства и для обеспечения высокопотенциальным теплом высокотемпературных и энергоемких химических (включая производство строительных материалов) и металлургических процессов [2—4]. Укажем, что А. Д. Сахаров в свое время пришел к выводу: «Очевидна жизненная необходимость в форсированном развитии ядерной энергетик как единственной экономически равноценной и реальной в ближайшие десятилетия замены нефти...».

Второй по масштабам воздействия вклад в загрязнение окружающей среды вносят образующиеся в различных фазовых состояниях промышленные отходы химических производств (включая нефтехимию и нефтепереработку, целлюлозно-бумажную, микробиологическую и другие отрасли химической технологии), тепловых электростанций и котельных, коммунально-бытовые отходы, сточные воды и твердые отходы медицинских учреждений (в особенности инфекционных больниц), крупные животноводческие и другие сельскохозяйственные предприятия.

Наконец, третий источник загрязнений многих элементов биосферы, также приносящий большой вред здоровью людей и значительно ухудшающий экологическую обстановку и экономику страны, — это микробиологические загрязнения, возникающие при производстве и хранении сельскохозяйственной продукции, продуктов питания, получающихся в результате пере-

работки этой продукции, а также медицинского оборудования и лекарственных средств.

Технически и экономически эффективным путем решения проблем, создаваемых вторым и третьим источниками загрязнений среды обитания, является использование методов и аппаратов радиационно-химической технологии — РХТ [5, 6], становление, развитие и перспективы развития которой тесно связаны (и в значительной мере определяются) с развитием атомной энергетики [5].

Следует подчеркнуть, что в то же время имеется и очень существенная «обратная связь». Дело в том, что реализация процессов радиационной технологии с использованием ядерных излучений может внести значительный вклад в повышение экономической эффективности атомных станций и расширяет области применения ядерных энергоисточников (ЯЭИ) не только в электро-, но и (что особенно важно) в теплоэнергетике и промышленности.

После крупных аварий на АЭС Три-Майл-Айленд и особенно на Чернобыльской АЭС проблема безопасности ядерной энергетики приобрела не только решающее научно-техническое, но и острое социально-психологическое значение [5]. В связи с этим существенно возросли требования к ядерной безопасности и надежности эксплуатации любых атомных энергетических установок, что привело к резкому сокращению масштабов строительства АЭС с реакторами существующих типов. Эти требования значительно ужесточаются применительно к ядерным энерготехнологическим и энергорadiационным установкам, поскольку такие установки должны размещаться вблизи или на территории промышленных предприятий и населенных пунктов.

Использование ядерных реакторов (ЯР), пригодных по своим физико-техническим параметрам, возможно лишь при выполнении двух необходимых условий:

надежная и безопасная эксплуатация ЯР и атомных станций в целом, экономическая эффективность и конкурентоспособность ЯЭИ по сравнению с органическими.

Первому условию наиболее полно удовлетворяют высокотемпературные ЯР с гелиевым теплоносителем (ВТГР) с шаровыми уран-графитовыми тепловыделяющими элементами (ТВЭЛами), отвечающие при определенных условиях требованиям предельной (внутренней) ядерной и радиационной безопасности.

В этих реакторах в качестве ядерного топлива используются микроТВЭЛы — керны из двуокиси или карбида урана (тория) с многослойными покрытиями, надежно удерживающими продукты деления при температурах 1250...1300 °С и представляющими барьер для выхода продуктов деления в аварийных ситуациях. Это подтверждено результатами реакторных испытаний микроТВЭЛов в квазистационарных условиях и в режимах термоциклирования, а также пред- и послереакторными исследованиями герметичности микроТВЭЛов в процессе высокотемпературного отжига [7]. Экспериментально показано, что созданные в нашей стране шаровые ТВЭЛы удовлетворяют требованиям, обусловленным их циркуляцией в урановом радиационном контуре (УРК) при реализации комплексного использования ядерного топлива. Поскольку активная зона ВТГР состоит в основном из графита, ко-

торый без расплавления сублимируется при 3700 °С, исключается возможность расплавления активной зоны при тяжелой аварии (активная зона ВТГР обладает высокой теплоемкостью). Важным «гарантом» безопасности является и теплоноситель — гелий, который не активируется и не вступает в химические реакции с компонентами активной зоны. Наконец, важнейший физический фактор: во всей области рабочих температур для ВТГР характерен отрицательный мгновенный температурный коэффициент реактивности, являющийся определяющим параметром внутренней безопасности, исключающим самопроизвольное увеличение мощности.

В течение последних 20...25 лет в нашей стране, США, ФРГ развивается представление о преимуществах использования модульных ВТГР тепловой мощностью 150...250 МВт* [8] по сравнению с моноблочным вариантом (единичный ЯР мощностью 2000...3000 МВт).

Модульная концепция в большей мере отвечает современным требованиям безопасности и надежности эксплуатации, а также другим требованиям, предъявляемым к ВТГР при обеспечении химических предприятий теплом различных потенциалов [2, 5].

К преимуществам модульных установок также относятся:

возможность серийного производства ЯР-модулей и блоков основного оборудования в заводских условиях и поставки их в готовом виде на место сооружения;

уменьшение трудоемкости монтажных работ;

позаппный ввод в эксплуатацию необходимых мощностей, сокращение общих сроков строительства;

более гибкое и «маневренное» энергообеспечение предприятий как во время полной загрузки, так и при остановках отдельных цехов соответствующих модулей.

Однако при этом оставался нерешенным вопрос о конкурентоспособности модульных ВТГР, поскольку известно, что при уменьшении мощности экономические показатели ЯР обычно ухудшаются.

Модульные ВТГР, разработанные в нашей стране, существенно отличаются от зарубежных. Так, во ВНИИАМ был спроектирован реактор блочного типа ВГР-50 [8, 9] мощностью 140 МВт с шаровыми ТВЭЛами и гелиевым теплоносителем, составившим основу комплексной установки АБТУ.

Конструкция ВГР-50 позволяет одновременно с использованием тепла в паротурбинной установке электрической мощностью 50 МВт и частично для проведения энергоемких процессов полезно использовать гамма-излучение продуктов деления при многократной циркуляции ТВЭЛов в УРК.

В ОКБМ была разработана высокотемпературная реакторная установка ВГМ мощностью 200 МВт с шаровыми ТВЭЛами, также состоящая из двух блоков (реактор и парогенератор с теплообменником).

В [9, 10] указано, что эта установка может быть использована для обеспечения теплом (750...950 °С) химических и металлургических процессов, для осуществления процессов РХТ, т. е. предназначается, как и АБТУ, для комплексного использования ЯР. Последнее существенно отличает ВГМ от модульной установки, разработанной фирмой KW и др.

* В данной статье приводятся лишь величины тепловой мощности ЯР.

С учетом новых требований по ядерной и радиационной безопасности во ВНИИАМ разработан проект модульного ВТГР с интегральным размещением в одном корпусе активной зоны (АЗ) и высокотемпературного теплообменника [11], что позволяет отказаться от патрубков и газопроводов первого контура. В корпусе реактора, имеющего промежуточный гелиевый контур, размещена емкость с полным заполнением шаровыми ТВЭЛами. Система непрерывной перегрузки обеспечивает необходимую скорость перемещения ТВЭЛов в УРК. При использовании 300 000 ТВЭЛов мощность такого ВТГР достигает 250 МВт. Остаточное тепловыделение при тяжелой аварии с возможным разрушением корпуса реактора и его шахты отводится за счет теплопроводности АЗ, отражателя и теплового излучения корпуса на трубчатую поверхность, заполненную жидким теплоносителем. Состав АЗ и возможность выгрузки ТВЭЛов в контур, а также использование пассивных средств для отвода остаточного тепловыделения, обеспечивающие сохранение структуры АЗ и способность ТВЭЛов удерживать поглощенную дозу, позволяют в совокупности с указанными выше общими преимуществами ВТГР отнести такие ЯР к числу обладающих предельной ядерной и радиационной безопасностью, что дает основание для размещения их на промышленных предприятиях в составе энергорadiационных комбинатов.

Как показали результаты всесторонних исследований, выполненных за прошедшее время в РФ и за рубежом, из всех источников ядерных излучений, образующихся в результате работы ЯР, наиболее широкое практическое применение и эффективное использование в РТ получили радионуклиды — источники γ -излучения (^{60}Co , ^{90}Sr , ^{137}Cs) и ускорители электронов (высоковольтные и линейные) [5, 12].

Суммарная мощность всех РУ с долгоживущими радионуклидами в мире к 2010 г. составляла около 10,5 МВт.

Данные по использованию источников излучений при облучении материалов различной толщины и плотности с учетом проникающей способности частиц показывают широкое использование РХУ радиационными источниками γ -излучения [12].

Становление и развитие РХТ, осуществлявшееся в нашей стране под общим руководством Я. М. Колотыркина и В. Л. Карпова, показало, что это новое перспективное направление технологии по своему значению и возможным объемам производства занимает второе (после энергетики) место в мировом использовании атомной энергии [5].

С технико-экономической точки зрения эффективной для промышленной реализации является следующая радиационная полимеризация ненасыщенных углеводородов в гетерогенных системах. В результате получают новые композиционные материалы и изделия — древесно-полимерные (ДПМ), бетоно-полимерные (БПМ) и им подобные, имеющие важное практическое значение. Эти изделия обладают повышенными или уникальными эксплуатационными свойствами. Производство ДПМ на основе дешевых доступных пород древесины (осина, береза) позволяет отказаться от дефицитных и дорогостоящих — дуба, граба, бука. Изделия из ДПМ могут использоваться в строительстве (паркет, оконные рамы, дверные блоки), в промышленности (формоустойчивые модели для литья, ткацкие шпули, челноки), для производства потребительских товаров (спортивный инвентарь, музыкальные инструменты) и др.

Областью наиболее эффективного применения БПМ является строительство. Сюда относятся: несущие и ограждающие конструкции, напорные и дренажные трубы, плиты для дорожных покрытий и облицовки каньонов, конструкции мостов и туннелей и т. д. Использование ДПМ и БПМ эффективно в химических производствах, на животноводческих комплексах и при строительстве морских сооружений, т. к. эти изделия обладают повышенной стойкостью в агрессивных средах. Радиационно-модифицированные композиционные изделия внедряются в нашей стране и за рубежом [12].

Радиационное модифицирование структуры и свойства полимеров — одно из самых эффективных РХП [12]. Наиболее детально изучен и внедрен у нас в стране, в США, Англии, Японии, Франции процесс радиационного «сшивания» полиэтилена. Особенно перспективно применение модифицированных полиэтиленовых труб и других сантехнических изделий взамен металлических в системах горячего водоснабжения и для транспортирования горячих (до 100 °С) агрессивных жидкостей. При повышенных давлениях для этих целей пригодны стальные трубы, футерованные радиационно-модифицированным полиэтиленом.

Радиационно модифицированные термо- и радиационно стойкие негорючие полимерные материалы и изделия (изоляция кабелей, проводов и др.) находят широкое применение в атомной энергетике и в других отраслях промышленности [12].

К этому классу материалов относятся и высокопрочные термо-, морозо- и коррозионно стойкие эластичные самослипающиеся изоляционные полимерные ленты, получаемые путем радиационного структурирования силоксановых каучуков.

Радиационная очистка, обеззараживание природных вод, промышленных и бытовых отходов также являются чрезвычайно важными процессами, направленными на охрану окружающей среды и создание безотходных технологий [7—13]. Эффективна радиационная очистка систем оборотного водоснабжения ТЭЦ, химических и горнодобывающих предприятий. Радиационно обработанные сырые остатки и их смеси с избыточными активными илами нетоксичны, содержат необходимые микроэлементы и органические вещества и могут быть использованы в качестве удобрений и как кормовые добавки. Корма и кормовые добавки для животноводства получают также в результате радиационной переработки растительных материалов, отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности. Опытные и полупромышленные испытания таких кормов, кормовых добавок дали положительные результаты.

Методом радиационного парофазного капсулирования твердых тел получают минеральные удобрения пролонгированного действия. Разработан, например, процесс капсулирования зерен карбамида для увеличения длительности его растворения в почве. При использовании таких удобрений повышается эффективность сельского хозяйства (сокращаются потери удобрений и трудоемкость их внесения в почву, возрастает урожайность, уменьшается загрязнение рек и водоемов).

Одним из самых крупномасштабных процессов может стать радиационно-термическое ожижение углей (в том числе бурых) с целью получения угольной нефти, которая может перерабатываться в моторное топливо или служить сырьем для химической промышленности. Угольная нефть,

получаемая по освоённой технологии, существенно дороже природной. При радиационно-термическом способе выход угольной нефти повышается на 25 %, благодаря этому стоимость ее может сравниться с мировыми ценами на нефть.

К экономически эффективным РХП относится также использование регенератов, получаемых в результате радиационной деструкции отработавших изделий из бутиловых диафрагменных и камерных резин, в качестве добавок к рецептуре шинных резин. Существенно, что крупномасштабная реализация этого процесса одновременно приведет к улучшению экологической обстановки на предприятиях, где до последнего времени отработавшие изделия (автопокрышки, камеры и др.) сжигаются.

Разработан также процесс получения ценных добавок, существенно улучшающих эксплуатационные свойства смазочных масел, в результате радиационной деструкции тефлона.

Необходимо указать еще на две группы технически и экологически эффективных радиационных процессов, реализация которых в крупных масштабах позволит в перспективе в значительной мере решить проблемы, связанные с третьим источником загрязнения биосферы. Это находящая все более широкое применение у нас и во многих странах радиационная стерилизация медицинского оборудования и лекарственных препаратов [7] (практически в любой упаковке и таре) для предотвращения распространения инфекций и повышения эффективности медицинского обслуживания населения; радиационная обработка сельскохозяйственных и пищевых продуктов с целью предотвращения их порчи и продления сроков хранения.

Из приведенного неполного перечня РХП очевидно, что вслед за классической химией РХТ также «...широко распростирает руки свои в дела человеческие» (М. В. Ломоносов).

Существенно, что реализация радиационной продукции приводит, как правило, к значительным экономическим эффектам, величина которых при прочих равных условиях определяется стоимостью излучения, необходимого для инициирования и проведения РХП. Для осуществления этих процессов в масштабах, при которых радиационное производство внесет заметный вклад в хозяйство и экономику страны, требуются РХУ с источниками излучений мощностью сотни и тысячи киловатт. Существенно, что для многих радиационных производств наиболее пригодным является γ -излучение, обладающее большой проникающей способностью и поэтому универсальное по отношению к составу, агрегатному состоянию, форме и габаритам облучаемых объектов, а также к материалам и толщине любых упаковок или тары.

Наконец, чрезвычайно важно, что при радиационной обработке γ -излучением возникновение наведенной радиоактивности в облучаемых объектах исключено, поэтому широко распространенное опасение потребителей радиационной продукции совершенно необоснованно.

Таким образом, применение высоких технологий внесет в ближайшие десятилетия значительный вклад в решение экологических и экономических проблем энергетики и промышленности, в расширение возможностей использования предприятий и специалистов, освобождающихся в связи с конверсией атомной промышленности, в решение новых хозяйственных задач и приведет к научно-техническому прогрессу РФ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Фешбах М., Френдли А.* Экоцид в СССР / пер. с англ. М.: Биотехнология, 1992. 308 с.
2. *Колотыркин Я. М., Алексеев А. М., Борисов Е. А.* Задачи технического прогресса химической промышленности по освоению энергоисточников для долговременного обеспечения сырьевой базы отрасли // Вопросы атомной науки и техники. Сер.: Атомно-водородная энергетика. 1979. Вып. I (5). С. 3—10.
3. *Васильев Е. Н., Восокобойников В. Г., Гиммельфарб А. И.* Некоторые вопросы создания опытно-промышленного металлургического комплекса на базе ВТГР // Атомно-водородная энергетика и технология. Вып. 5. М.: Энергоатомиздат, 1982. С. 23—44.
4. *Козлов Ю. Д., Брегер А. Х., Ивантер Е. Л.* Перспективы крупномасштабной реализации радиационно-химической технологии при атомном энергообеспечении производства цемента и бетона // Вопросы атомной науки и техники. Сер.: Проектирование и строительство. 1989. Вып. 3. С. 3—9.
5. *Брегер А. Х.* Радиационно-химическая технология и атомная энергетика // Химия высоких энергий. 1985. Т. 19. № 3. С. 250—259.
6. *Гагаринский А. Ю., Сухоручкин В. К.* Общественное мнение о ядерной энергии. Тенденции и проблемы // Сб. тезисов докладов 4-й Ежегодной науч.-технич. конф. ЯО (Н.-Новгород, июнь 1993 г.). Ч. 1. С. 44—46.
7. *Пономарев-Степной Н. Н., Проценко А. Н., Гребенник В. Н.* Состояние работ по ВТГР в мире // Вопросы атомной науки и техники. Сер.: Атомно-водородная энергетика и технология. М.: Энергоатомиздат, 1984. Вып. 2 (18). С. 3—12.
8. *Пономарев-Степной Н. Н., Булыгин В. В., Глушков Е. С.* Перспективы развития и роль ВТГР в атомной энергетике // Тезисы докладов XI Международной конф. по ВТГР (Дмитровград, июнь 1989 г.). С. 2—3.
9. *Митенков Ф. М.* Концепции и проектные решения реакторов нового поколения // Атомная энергия. 1993. Т. 74. Вып. 4. С. 290—294.
10. *Кирюшин А. И., Булыгин В. В., Горелов И. Н.* Перспективы расширения области использования безопасных атомных энергоисточников на базе ВТГР // Рефераты 4-й науч.-технич. конф. ЯО (Н.-Новгород, 28 июня — 2 июля 1993 г.). № 1. С. 501—502.
11. *Bogoyavlenskii R. G., Vinogradov V. P., Glebov U. P.* Improved safety Nuclear Power and Heating Plant // Fifth HTGR of Modular Type Report. Pp. 1—13.
12. *Козлов Ю. Д., Стефаненко И. В., Ермолаев С. В.* Высокие технологии с использованием источников ионизирующих излучений в промышленности: учебное пособие. М.: Энергоатомиздат, 2006. 714 с.
13. *Гольдия В. А., Брегер А. Х.* Возможности и перспективы решения экологических проблем методами радиационной технологии. М., 1991. 34 с.

© Сидельникова О. П., Козлов Ю. Д., 2015

Поступила в редакцию
в июле 2015 г.

Ссылка для цитирования:

Сидельникова О. П., Козлов Ю. Д. Внедрение высоких технологий — эффективный путь решения экологических и экономических проблем промышленности в стране // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 104—113.

Об авторах:

Сидельникова Ольга Петровна — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, sidelnikova-volg@mail.ru

Козлов Юрий Дмитриевич — д-р техн. наук, профессор, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

O. P. Sidelnikova, Yu. D. Kozlov

IMPLEMENTATION OF HIGH TECHNOLOGY — EFFECTIVE WAY TO SOLVE ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC PROBLEMS IN THE INDUSTRIAL SECTOR OF COUNTRY

An important activity in any country is the implementation of measures aimed at preserving and improving the environment, overcoming the negative consequences of scientific and technological progress.

One of the major decisions in Russia was the replacement of fossil fuels by nuclear energy. Safe nuclear reactors cooled with gel and spherical fuel elements, allowing to use their activity in certain conditions for material handling, agricultural, medical purposes were created. Manufacturing technology of artificial sources of γ -radiation has become very popular (^{60}Co , ^{137}Cs , ^{90}Sr). This made it possible to develop technologies of material modification without nuclear power plants. The development of the mentioned direction helps greatly to solve economic and environmental problems.

Key words: nuclear power stations, radiating source, fuel unit, radiation security, nuclear reactors, precast reactor, plant power, radionuclides, radiation-chemical unit, polymer materials, polymer concrete materials, polymer wood materials, radiation modification, radiation cleaning, economic effectiveness, environmentally friendly materials.

REFERENCES

1. Feshbach M., Frenly A. *Ekotsid v SSSR* [Ecocide in the USSR], transl. from English. Moscow, Biotechnology Publ. 1992. 308 p.
2. Kolotyркин Ya. M., Alekseev A. M., Borisov E. A. [Problems of technical progress of chemical industry concerning the development of power sources for a long-term providing of raw materials source of the industry]. *Voprosy atomnoi nauki i tekhniki. Ser.: Atomno-vodorodnaya energetika* [Issues of nuclear science and technology. Series: Atomic power and hydrogen energetics], 1979, iss. I (5), pp. 3—10.
3. Vasil'ev E. N., Vosokoboinikov V. G., Gimmel'farb A. I. [Some questions of the creation of an experimental industrial metallurgical complex on the basis of HTGCR]. *Atomno-vodorodnaya energetika i tekhnologiya* [Atomic-hydrogen energetics and technology], iss. 5. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1982. Pp. 23—44.
4. Kozlov Yu. D., Breger A. Kh., Ivanter E. L. [Prospects of large-scale realization of radiation-chemical technology at nuclear power supply of cement and concrete production]. *Voprosy atomnoi nauki i tekhniki. Ser.: Proektirovanie i stroitel'stvo* [Issues of nuclear science and technology. Series: Design and construction], 1989, iss. 3, pp. 3—9.
5. Breger A. Kh. [Radiation-chemical technology and atomic energetics]. *Khimiya vysokikh energii* [High-energy chemistry], 1985, 19(3), pp. 250—259.
6. Gagarinskii A. Yu., Sukhoruchkin V. K. [Public opinion about nuclear energy. Tendencies and problems] *Sb. tezisev dokladov 4-i Ezhegodnoi nauch.-tekhnich. konf. YaO (N.-Novgorod, iyun' 1993 g.)* [Proc. of the 4th Annual Sci.-Tech. Conf. YaO (Nizhny-Novgorod, June, 1993)]. Pt. 1. Pp. 44—46.
7. Ponomarev-Stepnoi N. N., Protsenko A. N., Grebennik V. N. [State of works on HTGCR in the world]. *Voprosy atomnoi nauki i tekhniki. Ser.: Atomno-vodorodnaya energetika i tekhnologiya* [Issues of nuclear science and technology. Series: Atomic-hydrogen energetics and technology]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1984, iss. 2(18), pp. 3—12.
8. Ponomarev-Stepnoi N. N., Bulygin V. V., Glushkov E. S. [Prospects of the development and the role of HTGCR in atomic energetics]. *Tezisy dokladov XI Mezhdunarodnoi konf. po VTGR (Dimitrovgrad, iyun' 1989 g.)* [Theses of the reports of the XI Int. Conf. on HTGCR (Dimitrovgrad, June, 1989)]. Pp. 2 — 3.
9. Mitenkov F. M. Concept and designs of new-generation fast reactors. *Atomic Energy*, 1993, 74(4), pp. 272—275.
10. Kiryushin A. I., Bulygin V. V., Gorelov I. N. [Prospects of the expansion of the area of use of safe nuclear power sources on the basis of HTGCR]. *Referaty 4-i nauch.-tekhnich. konf. YaO (N.-Novgorod, 28 iyunya — 2 iyulya 1993 g.)* [Reports of the 4th Sci.-Tech. Conf. YaO (Nizhny-Novgorod, June 28 — July 2, 1993)], no. 1, pp. 501—502.

11. Bogoyavlenskii R. G., Vinogradov V. P., Glebov U. P. Improved safety Nuclear Power and Heating Plant. *Fifth HTGR of Modular Type Report*. Pp. 1—13.

12. Kozlov Yu. D., Stefanenko I. V., Ermolaev S. V. *Vysokie tekhnologii s ispol'zovaniem istochnikov ioniziruyushchikh izluchenii v promyshlennosti: Uchebnoe posobie* [High technologies with the use of sources of ionizing radiation in the industry. Manual]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 2006. 714 p.

13. Gol'diya V. A., Breger A. H. *Vozmozhnosti i perspektivy resheniya ekologicheskikh problem metodami radiatsionnoi tekhnologii* [Opportunities and prospects of the solution of environmental problems by methods of radiation technology]. Moscow, 1991. 34 p.

For citation:

Sidel'nikova O. P., **Kozlov Yu. D.** [Implementation of high technology — effective way to solve environmental and economic problems in the industrial sector of any country]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 104—113.

About authors:

Sidel'nikova Ol'ga Petrovna — Doctor of Engineering Science, Professor, Professor of Life Safety in Technosphere Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, sidelnikova-volg@mail.ru

Kozlov Yurii Dmitrievich — Doctor of Engineering Science, Professor, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 624.21/.8

С. А. Пономаренко

Волгоградский государственный университет

РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО СПОСОБА ГАШЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ БАЛОЧНЫХ НЕРАЗРЕЗНЫХ МОСТОВ

Анализируется расчетная схема неразрезного балочного моста через р. Волгу в районе Волгограда. Рассматривается особенность работы моста с учетом происходящей диссипации энергии колебаний во внешней среде за счет действия гидродинамического гасителя колебаний. Произведены численные эксперименты, выполненные на базе ПК «ЛИРА», процессор «Динамика Плюс», подтверждающие жизнеспособность и техническую эффективность гидродинамического способа гашения мостовых колебаний.

К л ю ч е в ы е с л о в а: колебания, аэродинамическая неустойчивость, балочный неразрезной мост, диссипация энергии, гидродинамический гаситель.

Транспортной стратегией РФ на период до 2030 г. предусмотрено развитие безопасности всех объектов транспортной инфраструктуры, включая стратегически важные объекты — мостовые сооружения.

Однако последние 30 лет эксплуатации мостов балочного неразрезного типа были отмечены участвовавшие случаи возникновения на них явления аэродинамической неустойчивости [1—10]. Наглядный пример последнего случая — колебания Волгоградского моста в мае 2010 года.

Возникновение колебаний мостовых пролетов является чрезвычайной ситуацией, оказывающей неблагоприятное влияние на последующую эксплуатацию сооружения и срок его службы. Даже если опасные колебания не приведут к мгновенному разрушению конструкции, их периодическое возникновение в конечном итоге вызовет явление усталости материала.

В 2011 г., в соответствии с российскими строительными нормами, принято обязательное условие: при проектировании балочных неразрезных мостов принимать во внимание возможность возникновения на них аэроупругих явлений и выполнять проверку на аэродинамическую устойчивость.

Для уже построенных мостов балочного неразрезного типа необходимо проводить защитные мероприятия с целью обеспечения их безопасной эксплуатации. В связи с этим остается актуальной задача поиска надежного, эффективного и недорогого способа гашения мостовых колебаний.

Для решения этой инженерной задачи предлагается реализовать энергетический подход к стабилизации мостовых конструкций, связанный с отводом и последующей диссипацией накопленной энергии пролетных строений моста во внешней среде. Для этого может быть использована установка в одном из несудоходных пролетов балочного неразрезного моста гидродинамического гасителя колебаний. Демпфер подобной конструкции, позволяющий реализовать энергетический подход к гашению колебаний, ранее в мостостроении не применялся: авторская разработка, защищенная патентами РФ [11, 12].

В общем случае для мостовых сооружений через водные препятствия (реки, каналы) конструкция гидродинамического гасителя состоит из двух

принципиальных частей: «гасителя-поршня» — рабочей части и «стакана» — защитной части.

Подробное описание конструкции гидродинамического гасителя, описание методики определения предварительных размеров плиты поршня-гасителя и оценка ее напряженно-деформированного состояния изложены в [13—21].

При расчете мостовых сооружений с учетом работы систем гашения колебаний реальная колебательная система в соответствии с физическим смыслом заменяется эквивалентной системой, которую можно использовать для достоверного решения поставленных вопросов с заданной точностью.

Построение расчетной схемы моста проводилось в соответствии со следующими этапами:

- принятие допущений;
- геометрическое моделирование;
- идеализация материала;
- идеализация нагрузок;
- идеализация связей.

В обоснование расчетной схемы были заложены следующие допущения. Предполагалось, что под воздействием ветра в мостовой конструкции, а именно в части трех максимальных пролетов, возникли автоколебания, основанием для чего послужила техническая ошибка последовательного размещения трех пролетов одинаковой длины ($l = 155$ м). Таким образом, три основных пролета стали генератором автоколебаний, а остальные пролеты — условиями для их распространения.

При расчете диапазон рабочих температур гасителя принимался 0 до 24 °С. Работа гасителя рассматривалась без учета влияния течения воды и защитной части конструкции гидродинамического гасителя — «стакана». Процесс работы гидродинамического гасителя анализировался для случая возникновения вертикальных колебаний пролетных строений моста.

Геометрическое моделирование расчетной схемы предусматривает замену реальной конструкции моста многопролетной неразрезной балкой, состоящей из стержневых конечных элементов. Конструкция пролетных строений моста в виде балки коробчатого сечения заменяется стержневыми конечными элементами с приведенными жесткостными характеристиками. Выбор плоской расчетной схемы моста, состоящей из стержневых конечных элементов, обоснован предположением, что 90 % энергии колебательной системы приходится на вертикальную форму колебаний.

Конструкция гидродинамического гасителя мостовых колебаний заменяется присоединенной массой, приложенной в середине несудоходного пролета моста. Значение присоединенной массы задается на этапе идеализации действующих нагрузок при учете демпфирующих характеристик сооружения.

На этапе идеализации материала пролетных строений моста принимались усредненные физико-механические параметры, одинаковые для всех пролетных строений. Для этого при построении расчетной схемы моста в ПК «Лира» принимался конечный элемент с численным описанием жесткостных характеристик ($KЭ10$ численное). Значения жесткостных характеристик материала пролетных строений были взяты из проектной документации на капитальный ремонт моста через р. Волгу в Волгограде [22].

Для реализации расчета с использованием процессора «Динамика Плюс» ПК «Лира» этап идеализации нагрузок производится согласно рекомендациям справочного руководства по следующей схеме:

задается статическая нагрузка на конструкцию (собственный вес пролетных строений моста);

формируется матрица масс;

задается действующая динамическая нагрузка на конструкцию пролетных строений (периодическая сила срыва вихрей). Исходя из принятого допущения, динамическая нагрузка приложена к трем одинаковым пролетным строениям моста длиной $l = 155$ м. Посредством инструментов процессора «Динамика Плюс» динамическое воздействие задается как синусоидальная нагрузка в виде $A \sin(\omega t + \varphi)$, где A — амплитуда, ω — частота, φ — сдвиг фаз. Задается также время начала и окончания действия нагрузки. Значение амплитуды возмущающей силы принято согласно проектной документации на капитальный ремонт Волгоградского моста. Время воздействия принимается равным 70 с [23];

задаются демпфирующие характеристики конструкции моста (гидродинамический гаситель колебаний в виде присоединенной массы).

Основная задача состояла в определении величины демпфирующей силы. Исходя из физического смысла гидродинамического способа гашения колебаний значение демпфирующей силы определится как:

$$Q = P_{\text{ст.в}} + P_{\text{г.с}},$$

где $P_{\text{ст.в}}$ — вес столба воды над плитой поршня гидродинамического гасителя; $P_{\text{г.с}}$ — сила гидродинамического сопротивления, возникающая при движении плиты поршня гидродинамического гасителя в воде.

На этапе идеализации связей реальные опорные конструкции заменены шарнирно-неподвижной и шарнирно-подвижными опорами. Графическое отображение расчетной схемы Волгоградского моста с учетом работы гидродинамического гасителя колебаний представлено на рис. 1.

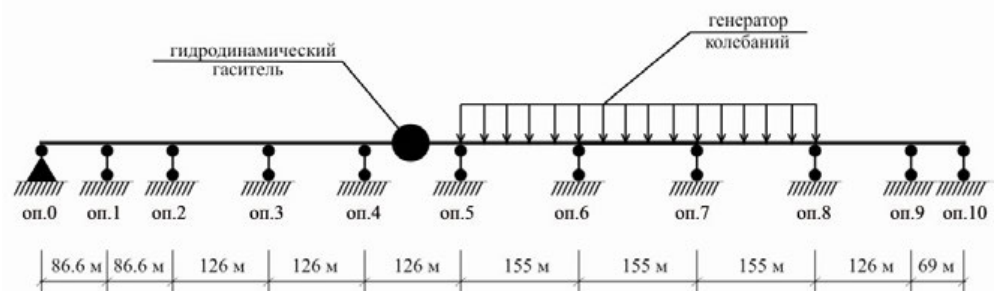
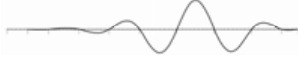




Рис. 1. Расчетная схема Волгоградского моста с учетом работы гидродинамического гасителя колебаний

Для проверки верности выбранной расчетной схемы был проведен модальный анализ конструкции Волгоградского моста, результаты которого были сопоставлены с данными компании «COWI» [22] (табл.).

Собственные частоты колебаний и формы колебаний Волгоградского моста

№ формы колебаний	Формы колебаний	Собственная частота, Гц, по результатам расчета в		Расхождение, %
		ПК «DVMFL OW» (COWI)	ПК «ЛИРА»	
1		0,4122	0,41	0,5
2		0,5328	0,52	2,43
3		0,6397	0,64	0,05

Полученные в результате расчета формы колебаний совпадают, расхождение в значениях собственных частот колебаний моста составляет не более 4 %, что позволяет судить о достоверности выбранной расчетной схемы и результатов численного расчета, реализуемого средствами ПК «ЛИРА».

Используя выбранную расчетную схему моста и аналитически предварительно определенное значение площади плиты гасителя [13], согласно алгоритму (рис. 2) производился расчет скорости гашения колебаний моста при установленном гидродинамическом гасителе и подбор рационального значения площади плиты гасителя.

На рис. 3 изображен график распределения кинетической энергии при колебаниях трех основных пролетов ($l = 155$ м) Волгоградского моста, зафиксированных 20 мая 2010 г.

На графике видны установившиеся колебания пролетных строений моста.

При установке гидродинамического гасителя в центральном пролете ($l = 155$ м) с глубиной погружения в воду плиты поршня гасителя $h = 11,05$ м характер распределения кинетической энергии при колебаниях изменится, как показано на рис. 4.

На рис. 5—7 изображены графики изменения перемещений, скоростей и ускорений для центрального узла пролета 5—6.

Графики наглядно демонстрируют характер протекания колебательного процесса на мосту во время событий 20 мая 2010 г., а также процесса гашения колебаний при установленном гидродинамическом гасителе колебаний.

При установке гидродинамического гасителя в пролете 6—7 изменение амплитуды колебаний в определенный момент отображено на рис. 8.

Полученные результаты численного эксперимента по обоснованию жизнеспособности гидродинамического гасителя мостовых колебаний сравнивались с результатами численного расчета по обоснованию динамического гашения колебаний пролетных строений моста через р. Волгу в Волгограде.

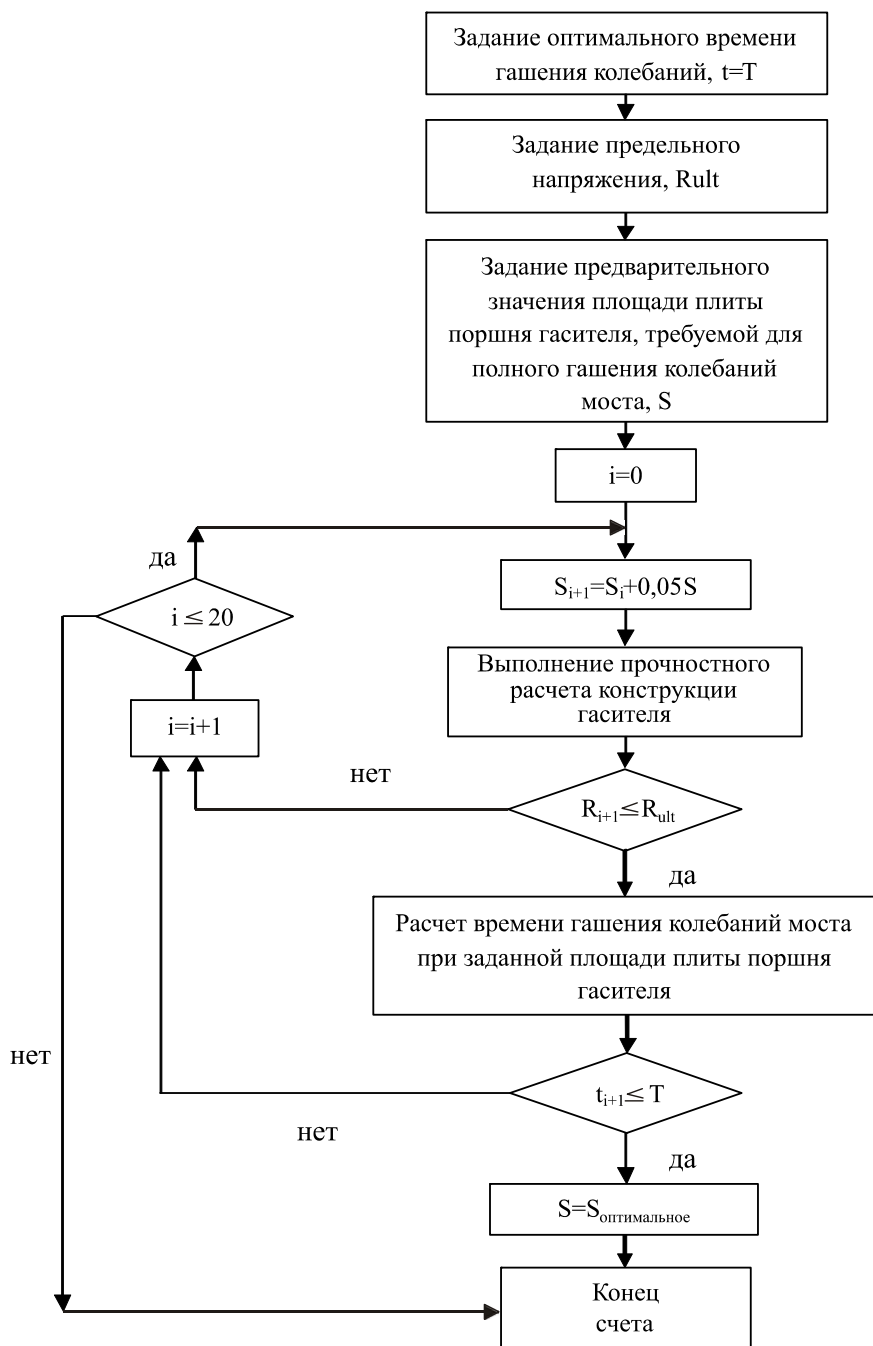


Рис. 2. Алгоритм определения скорости гашения колебаний при подборе рационального значения площади плиты гидродинамического гасителя

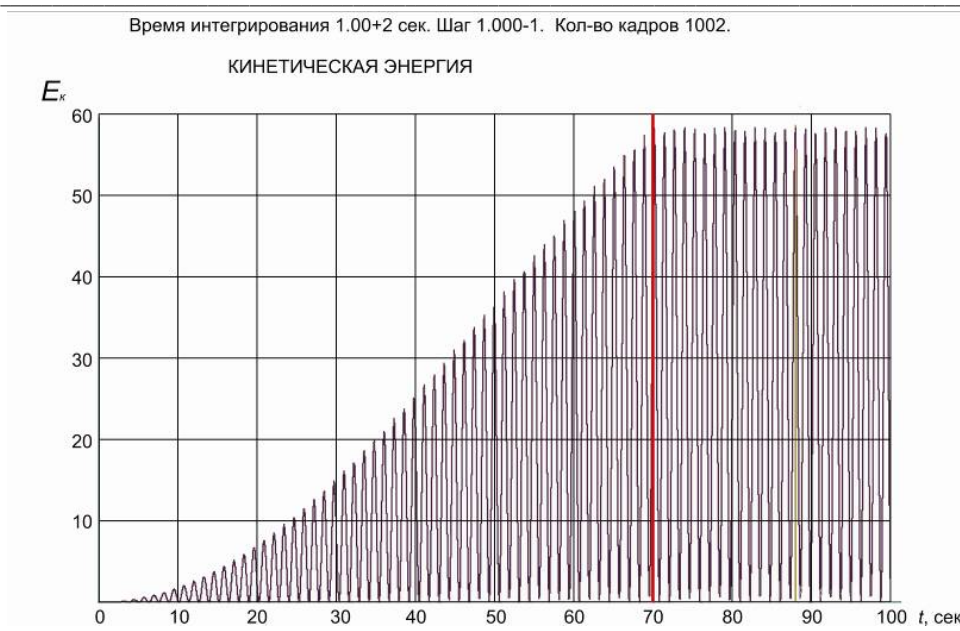


Рис. 3. График распределения кинетической энергии колебаний, зафиксированных на Волгоградском мосту 20 мая 2010 г.

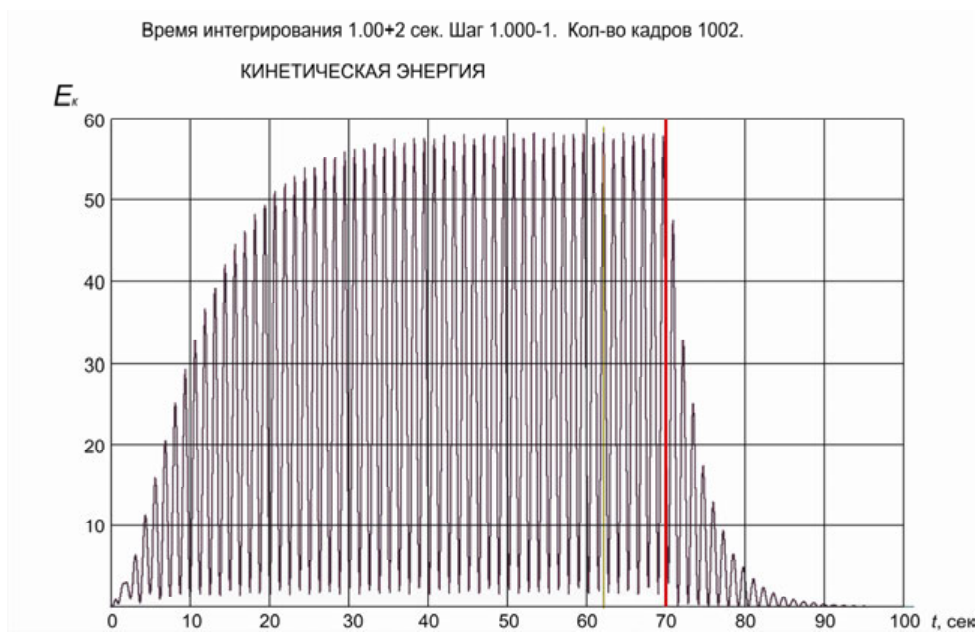


Рис. 4. График распределения кинетической энергии колебаний трех основных пролетов при установке гидродинамического гасителя в центральном пролете 6—7 ($l = 155$ м)

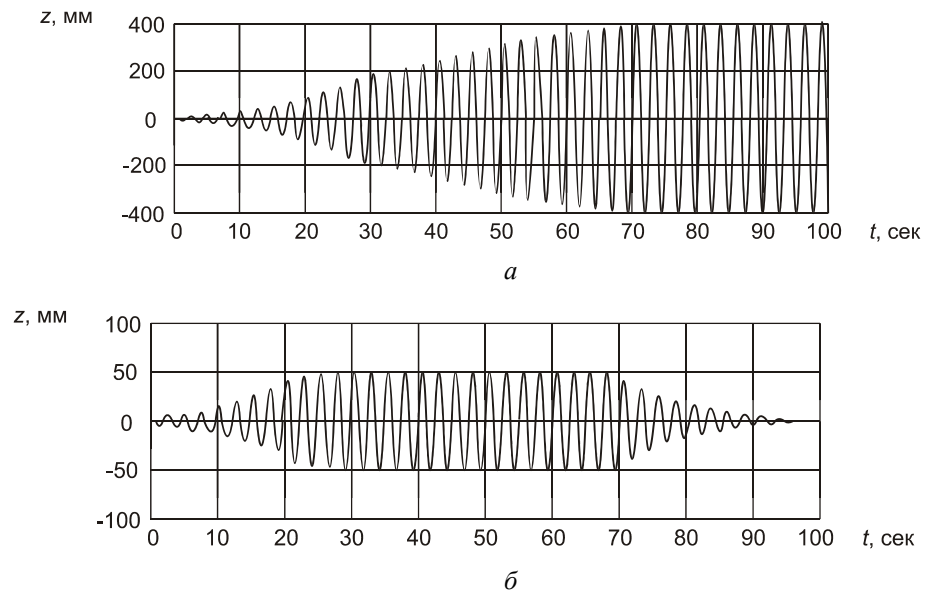


Рис. 5. Перемещение центрального узла пролета 5—6: *a* — без установки гасителя; *б* — с установкой гасителя

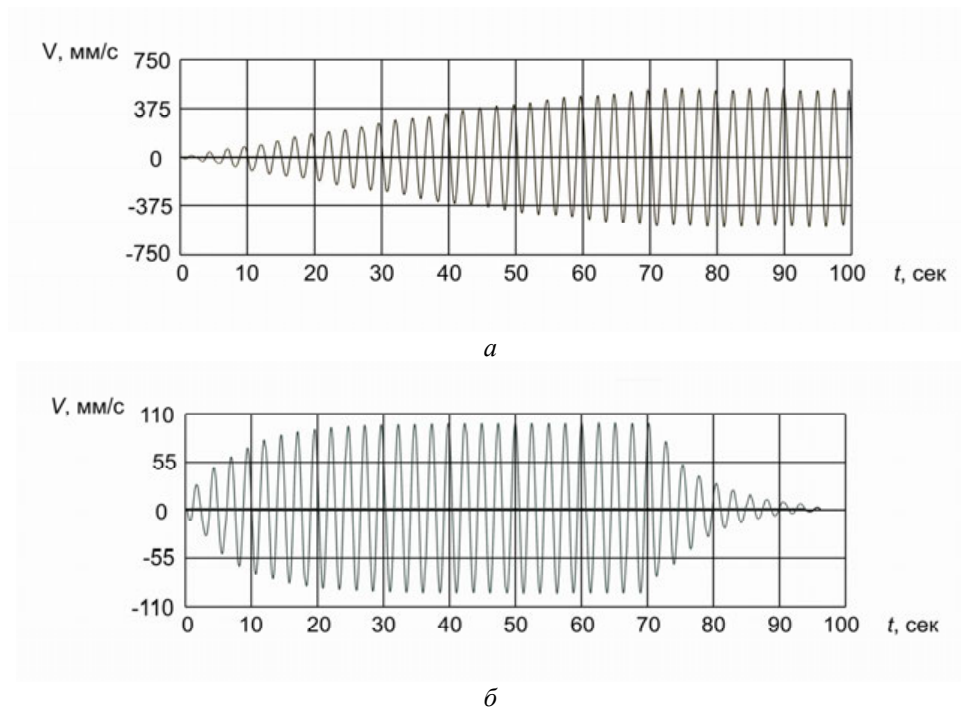


Рис. 6. Скорость центрального узла пролета 5—6: *a* — без установки гасителя; *б* — с установкой гасителя

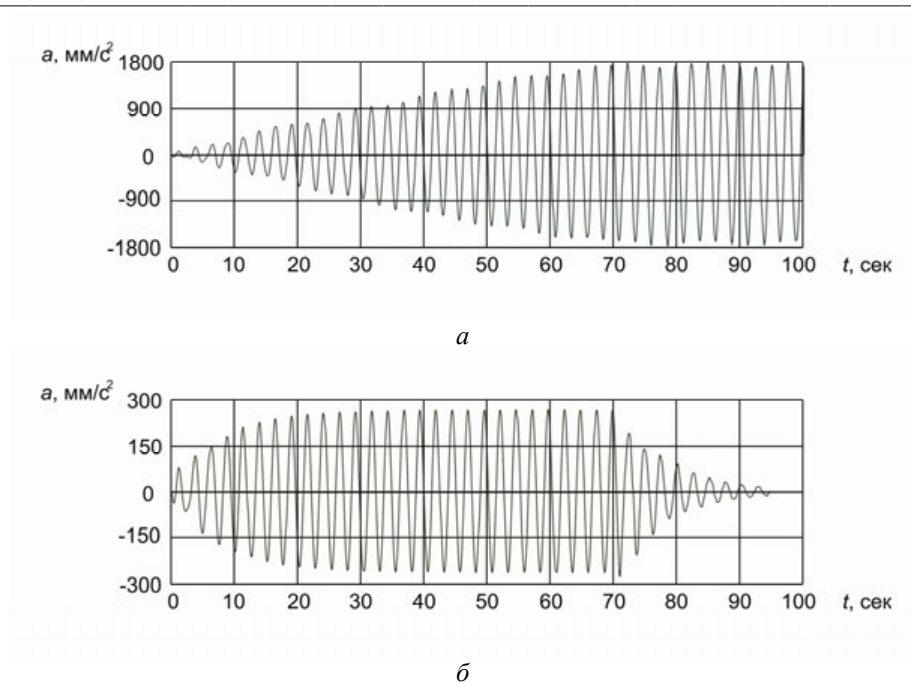


Рис. 7. Ускорение центрального узла пролета 5—6: *a* — без установки гасителя; *b* — с установкой гасителя

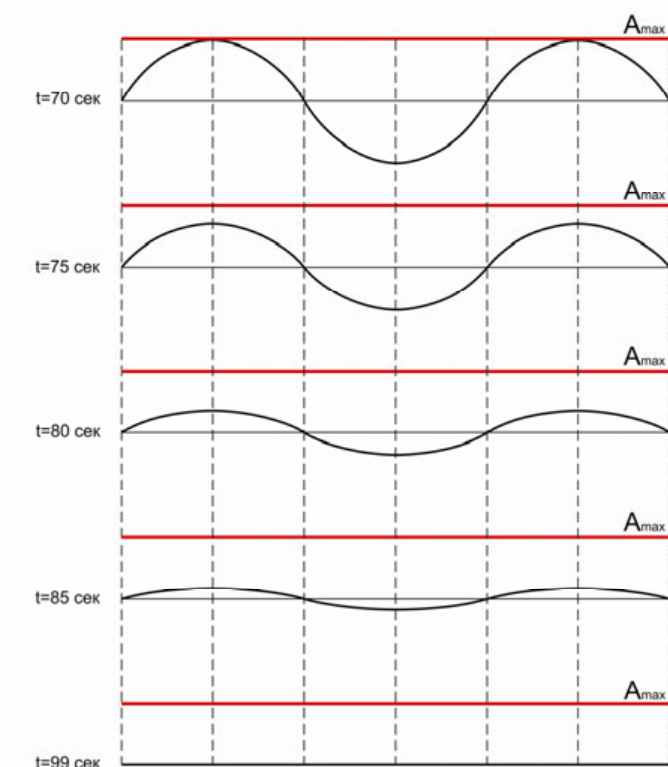


Рис. 8. График изменения амплитуды колебаний с течением времени для трех пролетов Волгоградского моста ($A_{\max} = 0,4$ м)

На рис. 9 приведен график амплитуды колебаний пролетных строений Волгоградского моста при установке динамического гасителя колебаний в середине пролетов 6—7 для первой формы колебаний [22].

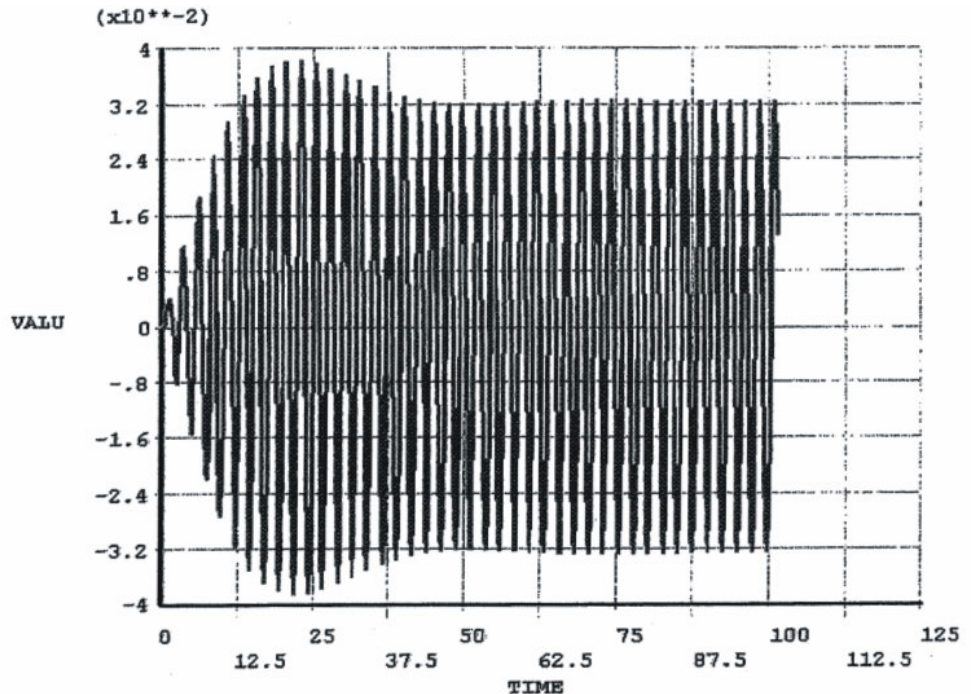


Рис. 9. График амплитуды колебаний пролетного строения в середине пролета 6—7

Как видно из графиков (см. рис. 4—8), полное гашение колебаний происходит в течение 30 с от момента прекращения действия возбуждающей силы. В то время как для варианта динамического гашения колебаний пролетных строений Волгоградского моста величина амплитуды колебаний меньше $A_{\max} = 0,4$ м, но колебательный процесс становится установившимся без снижения амплитуды колебаний с течением времени.

Для оценки технической эффективности гидродинамического гасителя колебаний моделировались различные варианты условий его работы:

- 1) изменение глубины погружения в воду плиты поршня гидродинамического гасителя;
- 2) изменение места расположения гидродинамического гасителя на Волгоградском мосту.

Для оценки зависимости скорости гашения колебаний трех основных пролетных строений от глубины погружения плиты поршня гасителя были взяты три значения: $h_1 = 5$ м; $h_2 = 10$ м; $h_3 = 15$ м. Результаты представлены на рис. 10, 11.

Согласно приведенным графикам, полное гашение колебаний при погружении плиты поршня гидродинамического гасителя на $h_3 = 15$ м происходит за 22 с, $h_2 = 10$ м — за 31 с; $h_1 = 5$ м — за 50 с.

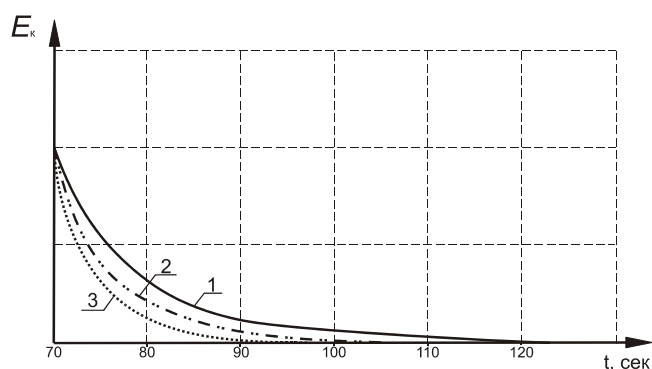


Рис. 10. Изменение кинетической энергии колебаний моста с течением времени при различных значениях глубины погружения плиты поршня гасителя: 1 — $h_1 = 5$ м; 2 — $h_2 = 10$ м; 3 — $h_3 = 15$ м

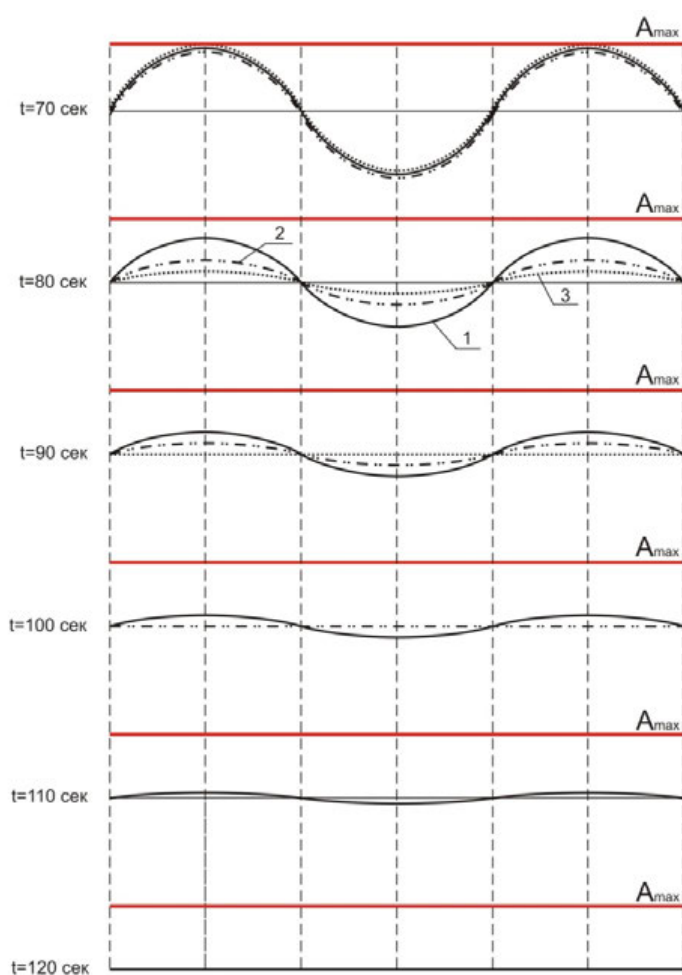


Рис. 11. Изменение амплитуды колебаний моста при различных значениях глубины погружения плиты поршня гасителя: 1 — $h_1 = 5$ м; 2 — $h_2 = 10$ м; 3 — $h_3 = 15$ м

Для определения зависимости скорости гашения колебаний трех основных пролетных строений от места расположения гидродинамического гасителя рассматривалось его положение:

- 1) посередине центрального пролета длиной $l = 155$ м;
- 2) посередине правого пролета длиной $l = 155$ м.

График зависимости кинетической энергии от времени изображен на рис. 12.

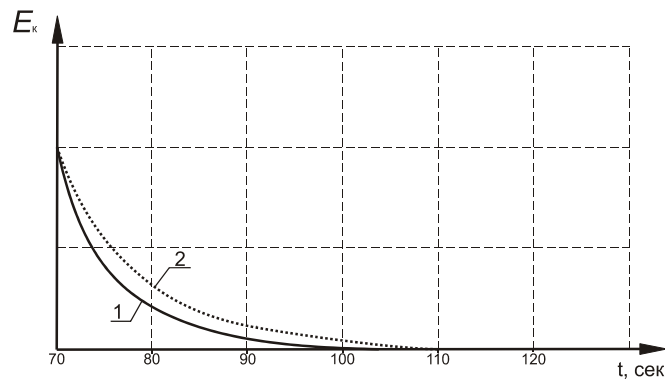


Рис. 12. Характер гашения колебаний при расположении гидродинамического гасителя: 1 — посередине центрального пролета длиной $l = 155$ м; 2 — посередине правого пролета длиной $l = 155$ м

При расположении гидродинамического гасителя колебаний посередине правого пролета длиной $l = 155$ м время гашения колебаний незначительно увеличивается и составляет 36 с.

Влияние места расположения гидродинамического гасителя на скорость и характер гашения колебаний оценивалось также для всей конструкции Волгоградского моста. На рис. 13, а, б отображены графики распределения кинетической энергии с течением времени при установке гидродинамического гасителя в пределах генератора колебаний. При установке гасителя за пределами генератора колебаний (пролет 4—5 с длиной $l = 126$ м) характер распределения кинетической энергии изменится, как показано на рис. 13, в.

Согласно приведенным графикам чем дальше гаситель расположен от генератора колебаний, тем дольше проходит процесс гашения. Однако даже при установке гасителя в пролете 4—5 гашение колебаний происходит в течение 130 с, что на порядок меньше в сравнении с динамическими гасителями [2].

Проведенная серия численных экспериментов подтверждает жизнеспособность и эффективность гидродинамического способа гашения колебаний как альтернативной меры по предотвращению возникновения опасных колебаний на эксплуатируемых балочных неразрезных мостах.

Наряду с высокими показателями технической эффективности проект гидродинамического гасителя мостовых колебаний экономически обоснован. Расчетный коэффициент экономической эффективности проекта составляет $f_{эф} = 1200$ %, значение внутренней нормы доходности $IRR = 47,9$ % [24]. Приведенные показатели свидетельствуют об экономической эффективности проекта гидродинамического гасителя колебаний, целесообразности вложения инвестиций в проект и его прибыльности в случае реализации.

Таким образом, на основании энергетического подхода к решению проблемы гашения колебаний инженерных сооружений выполнено построение и расчетное обоснование широкополосного гидродинамического гасителя, позволяющего быстро и эффективно предотвратить колебания пролетных конструкций балочных неразрезных мостов вне зависимости от вида динамического воздействия.

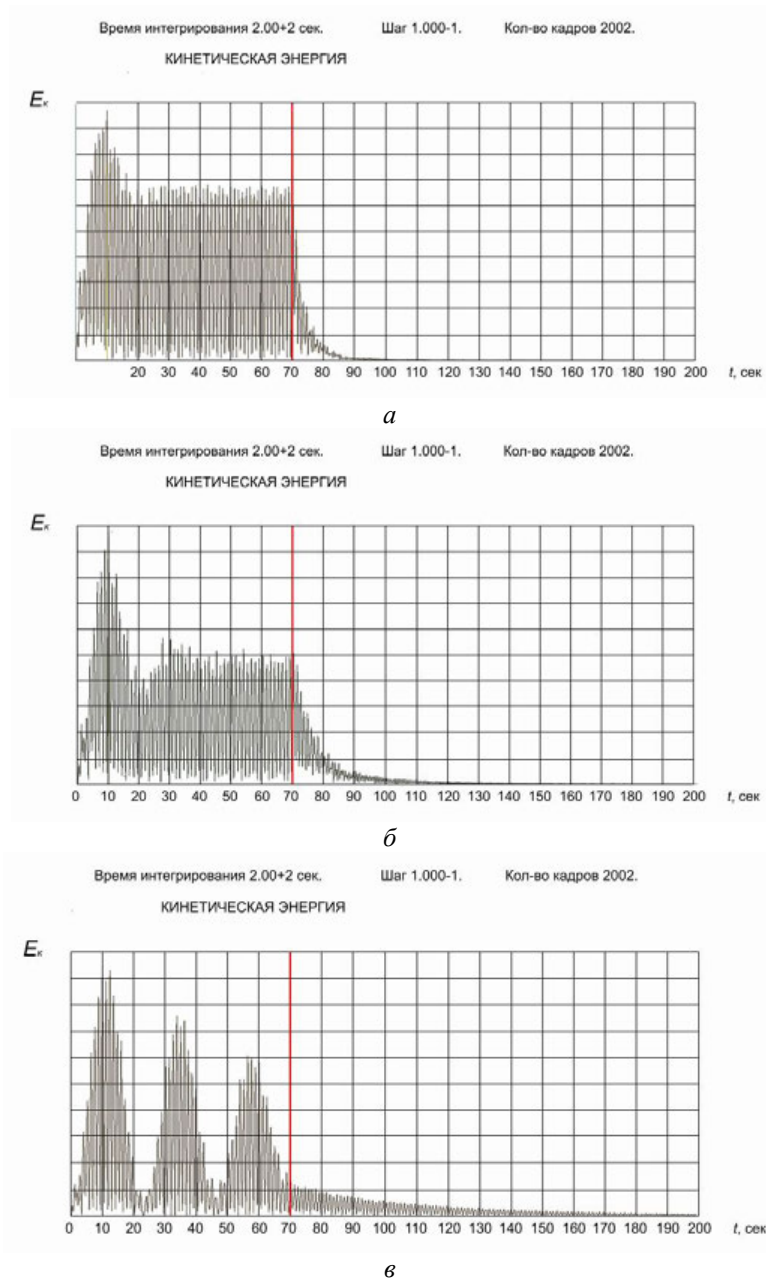


Рис. 13. График распределения кинетической энергии колебаний Волгоградского моста при установке гидродинамического гасителя в: *a* — пролете 6—7; *б* — пролете 7—8; *в* — пролете 4—5

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Battista Ronaldo C., Pfeil Michele S.* Reduction of vortex-induced oscillations of Rio-Niteroi bridge by dynamic control devices // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2000. Vol. 84. Pp. 273—288. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-6105\(99\)00108-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-6105(99)00108-7)
2. *Battista R. C.* Multiple Synchronized Dynamic Attenuators of Wind-induced Oscillations of Rio-Niteroi Bridge // *Society of Experimental Mechanics*. URL: <http://sem-proceedings.com/23i/sem.org-IMAC-XXIII-Conf-s08p02-Multiple-Synchronized-Dynamic-Attenuators-Wind-induced-Oscillations.pdf>.
3. *Fujino Y., Yoshida Y.* Wind-Induced Vibration and Control of Trans-Tokyo Bay Crossing Bridge // *J. Struct. Eng.* 2002. Vol. 128(8). Pp. 1012—1025. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(2002\)128:8\(1012\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(2002)128:8(1012))
4. Investigation and prevention of deck galloping oscillation with computational and experimental techniques / Y. J. Ge, Z. X. Lin, F. C. Cao, J. B. Pang, H. F. Xiang // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2002. Vol. 90. Pp. 2087—2098. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-6105\(02\)00326-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-6105(02)00326-4)
5. Aerodynamic stability of Trans-Tokyo Bay Highway Bridge / S. Hirai, A. Honda, H. Kato, O. Yoshida, I. Okauchi // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 1999. Vol. 49. Pp. 487—496. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105\(93\)90043-N](http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105(93)90043-N)
6. Aerodynamic stability of Kansai international airport access bridge / A. Honda, N. Shiraiishi, M. Matsumoto, Y. Fuse, K. Sumi, N. Sasaki // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 1993. Vol. 49. Pp. 533—542. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105\(90\)90052-E](http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105(90)90052-E)
7. *Kusuhara S., Yamada I., Toyama N.* Reevaluation on aerodynamic stability of steel box girder // *The Seventh Asia-Pacific Conference on Wind Engineering*, November 8—12, 2009, Taipei, Taiwan. URL: http://www.iawe.org/Proceedings/7APCWE/T3A_1.pdf.
8. *Larsen A., Svensson E., Andersen H.* Design aspects of tuned mass dampers for the Great Belt East Bridge approach spans // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 1995. Vol. 54/55. Pp. 413—426. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105\(94\)00057-K](http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105(94)00057-K)
9. On wind resistant design of Central Japan International Airport Access Roadway Bridge / S. Tokinori, T. Yokosato, S. Saeki, S. Tokoro, A. Kishi // *Proceedings of National Symposium on Wind Engineering*. 2002. Vol. 17. Pp. 481—486.
10. Countermeasure against vortex induced vibration in the approaching viaduct of Oshima Ohashi / M. Yoshimura, T. Hara, S. Tokoro, K. Honda // *Proc., 7th Symposium on Motion and Vibration Control / Japan Society of Mechanical Engineers*. Pp. 383—386.
11. *Саманов В. В., Пономаренко С. А., Наумова Г. А.* Устройство гидродинамического гасителя колебаний мостового пролета : пат. № 2475586 Рос. Федерации. 2013. Бюл. № 5. С. 5.
12. *Саманов В. В., Пономаренко С. А., Наумова Г. А.* Устройство гидродинамического гасителя колебаний мостового пролета : пат. № 111146 Рос. Федерации. 2001. Бюл. № 34. С. 3.
13. *Наумова Г. А., Пономаренко С. А.* Гидродинамический способ гашения колебаний мостовых пролетов // *Вестник гражданских инженеров*. 2012. № 6(35). С. 51—59.
14. *Наумова Г. А., Пономаренко С. А.* Решения проблемы аэродинамической неустойчивости балочных неразрезных мостов // *Дорожная держава*. 2013. № 50. С. 30—34.
15. *Наумова Г. А., Саманов В. В., Пономаренко С. А.* Гидродинамический гаситель мостовых колебаний // *Вестник ВолГУ. Сер. 10. Инновационная деятельность*. 2012. Вып. 7. С. 93—98.
16. *Наумова Г. А., Пономаренко С. А.* Сравнительный анализ традиционных и инновационных подходов к расчету конструкций гасителей аэроупругих колебаний // *Вестник ВолГУ. Серия 10. Инновационная деятельность*. 2013. Вып. 9. С. 124—134.
17. *Пономаренко С., Борисанова Я.* Кто остановит «танцующие» мосты? // *Техника молодежи*. 2012. № 12 (951). С. 6—8.
18. *Пономаренко С. А.* Гидродинамический способ гашения колебаний балочных неразрезных мостов // *Транспортное пространство России и Евразийского экономического союза в XXI веке : матер. Всерос. научн.-практ. конф., г. Сочи. Саратов: КУБиК, 2014. С. 81—88.*
19. *Пономаренко С. А.* Применение принципа диссипации энергии при решении задачи гашения колебаний в различных областях техники // *Современные железные дороги: достижения, проблемы, образование : матер. VI Международной научн.-практ. конф. с междунар. участием. Волгоград : Волгогр. науч. изд-во, 2013. Вып. 6. С. 181—188.*
20. *Пономаренко С. А.* Решение проблемы стабилизации и безопасной эксплуатации балочных неразрезных мостов // *Актуальные проблемы содержания, капитального ремонта и реконструкции мостовых сооружений : матер. научн.-практ. конф. СПб. : Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения, 2013. С. 52—55.*

21. Пономаренко С. А. Прочностной расчет плиты поршня гидродинамического гасителя колебаний балочных неразрезных мостов // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. № 5(24). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/24KO514.pdf>

22. Разработка проектной документации на капитальный ремонт первого пускового комплекса первой очереди мостового перехода через р. Волга в г. Волгограде. М.: ОАО «Гипротрансмост», 2011. 688 с.

23. Козлов А. В. Моделирование резонансных колебаний неразрезного балочного пролетного строения автодорожного моста под воздействием ламинарного ветрового потока (на примере «танцующего» моста в г. Волгограде). URL: http://rflira.ru/i/Seminar/50let/VUZ_VGASU.pdf.

24. Наумова Г. А., Пономаренко С. А., Борисанова Я. А. Оценка экономической эффективности устройства гидродинамического гасителя для предотвращения колебаний на Волгоградском мосту // Современные железные дороги: достижения, проблемы, образование : матер. V Всерос. научн.-практ. конф. с междунар. участием, г. Волгоград, 29 мая 2012 г. Волгоград : Волгогр. науч. изд-во, 2012. Вып. 5. С. 37—42.

© Пономаренко С. А., 2015

Поступила в редакцию
в мае 2015 г.

Ссылка для цитирования:

Пономаренко С. А. Расчетное обоснование гидродинамического способа гашения колебаний балочных неразрезных мостов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 114—129.

Об авторе:

Пономаренко Светлана Александровна — ассистент кафедры инноватики, Волгоградский государственный университет (ВолГУ). Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 100, svetlanaponomarenko@yandex.ru

S. A. Ponomarenko

DESIGN-BASIS JUSTIFICATION OF HYDRODYNAMIC WAY OF OSCILLATION DAMPING OF CONTINUOUS GIRDER BRIDGES

In this paper the design scheme of continuous girder bridge over the Volga River near Volgograd is analyzed. The feature of the bridge work with the energy dissipation of oscillations in the external environment due to the action of hydrodynamic damper is considered. The numerical experiments performed on the basis of "LIRA" personal computer, "Dynamika Plus" processor confirming the viability and technical efficiency of the hydrodynamic way of bridge oscillation damping were performed.

Key words: oscillations, aerodynamic instability, continuous girder bridge, energy dissipation, hydrodynamic damper.

REFERENCES

1. Battista Ronaldo C., Pfeil Michele S. Reduction of vortex-induced oscillations of Rio-Niteroi bridge by dynamic control devices. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 2000, vol. 84, pp. 273—288. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-6105\(99\)00108-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-6105(99)00108-7)

2. Battista R. C. Multiple Synchronized Dynamic Attenuators of Wind-induced Oscillations of Rio-Niteroi Bridge. *Society of Experimental Mechanics*. URL: <http://sem-proceedings.com/23i/sem.org-IMAC-XXIII-Conf-s08p02-Multiple-Synchronized-Dynamic-Attenuators-Wind-induced-Oscillations.pdf>.

3. Fujino Y., Yoshida Y. Wind-Induced Vibration and Control of Trans-Tokyo Bay Crossing Bridge. *J. Struct. Eng.*, 2002, 128(8), pp. 1012—1025. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(2002\)128:8\(1012\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(2002)128:8(1012))

4. Ge Y. J., Lin Z. X., Cao F. C., Pang J. B., Xiang H. F. Investigation and prevention of deck galloping oscillation with computational and experimental techniques. *Journal of Wind Engineering*

and Industrial Aerodynamics, 2002, vol. 90, pp. 2087—2098. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-6105\(02\)00326-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-6105(02)00326-4)

5. Hirai S., Honda A., Kato H., Yoshida O., Okauchi I. Aerodynamic stability of Trans-Tokyo Bay Highway Bridge. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 1999, vol. 49, pp. 487—496. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105\(93\)90043-N](http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105(93)90043-N)

6. Honda A., Shiraiishi N., Matsumoto M., Fuse Y., Sumi K., Sasaki N. Aerodynamic stability of Kansai international airport access bridge. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 1993, vol. 49, pp. 533—542. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105\(90\)90052-E](http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105(90)90052-E)

7. Kusuhara S., Yamada I., Toyama N. Reevaluation on aerodynamic stability of steel box girder. *The Seventh Asia-Pacific Conference on Wind Engineering*, November 8—12, 2009, Taipei, Taiwan. URL: http://www.iawe.org/Proceedings/7APCWE/T3A_1.pdf.

8. Larsen A., Svensson E., Andersen H. Design aspects of tuned mass dampers for the Great Belt East Bridge approach spans. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 1995, vol. 54/55. Pp. 413—426. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105\(94\)00057-K](http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105(94)00057-K)

9. Tokinori S., Yokosato T., Saeki S., Tokoro S., Kishi A. On wind resistant design of Central Japan International Airport Access Roadway Bridge. *Proceedings of National Symposium on Wind Engineering*, 2002, vol. 17, pp. 481—486.

10. Yoshimura M., Hara T., Tokoro S., Honda K. Countermeasure against vortex induced vibration in the approaching viaduct of Oshima Ohashi. *Proc., 7th Symposium on Motion and Vibration Control*. Pp. 383—386.

11. Samanov V. V., Ponomarenko S. A., Naumova G. A. *Ustroistvo gidrodinamicheskogo gasitelya kolebanii mostovogo proleta* [Design of a hydrodynamic vibration damper of fluctuations of a bridge bay. Pat. no. 2475586 Russian Federation].

12. Samanov V. V., Ponomarenko S. A., Naumova G. A. *Ustroistvo gidrodinamicheskogo gasitelya kolebanii mostovogo proleta* [Design of a hydrodynamic vibration damper of fluctuations of a bridge bay. Pat. no. 111146 Russian Federation].

13. Naumova G. A., Ponomarenko S. A. [The hydrodynamic way of damping bridge spans' oscillations]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers], 2012, no. 6(35), pp. 51—59.

14. Naumova G. A., Ponomarenko S. A. [Solutions of the problem of aerodynamic instability of beam continuous bridges]. *Dorozhnaya derzhava* [Road power], 2013, no. 50, pp. 30—34.

15. Naumova G. A., Samanov V. V., Ponomarenko S. A. [The hydrodynamic damper of bridge oscillations]. *Vestnik VolGU. Ser. 10. Innovatsionnaya deyatel'nost'* [Science Journal of Volgograd State University. Technology and innovations], 2012, no. 2 (7), pp. 93—98.

16. Naumova G. A., Ponomarenko S. A. [Comparative analysis of traditional and innovative approaches to the design calculations dampers of aeroelastic vibrations]. *Vestnik VolGU. Ser. 10. Innovatsionnaya deyatel'nost'* [Science Journal of Volgograd State University. Technology and innovations], 2013, no. 9, pp. 124—134.

17. Ponomarenko S., Borisanova Ya. [Who will stop “dancing” bridges?]. *Tekhnika molodezhi* [Equipment of the youth], 2012, no. 12 (951), pp. 6—8.

18. Ponomarenko S. A. [Hydrodynamic vibration damping of fluctuations of beam continuous bridges]. *Transportnoe prostranstvo Rossii i Evraziiskogo ekonomicheskogo soyuza v XXI veke* [Transport space of Russia and the Eurasian Economic Union in XXI century. Proc. of the All-Russian Sci.-Prac. Conf., Sochi]. Saratov, KUBiK Publ., 2014. Pp. 81—88.

19. Ponomarenko S. A. [Application of the principle of energy dissipation when finding solution of the problem of vibration damping of fluctuations in various areas of equipment]. *Sovremennye zheleznye dorogi: dostizheniya, problemy, obrazovanie* [Modern railroads: achievements, problems, education. Proc. of VI Int. Sci.-Prac. Conf.] Volgograd, Volgograd Scientific Publishing House, 2013, iss. 6, pp. 181—188.

20. Ponomarenko S. A. [Solution of the problem of stabilization and safe operation of beam continuous bridges]. *Aktual'nye problemy soderzhaniya, kapital'nogo remonta i rekonstruktsii mostovykh sooruzhenii* [Current problems of upkeep, overhaul and reconstruction of bridge constructions. Proc. of Sci.-Prac. Conf.]. Saint Petersburg, Saint Petersburg State Transport University Publ., 2013. Pp. 52—55.

21. Ponomarenko S. A. [Structural analysis of the piston's plate of hydrodynamic damper continuous girder bridge oscillations]. *Internet-zhurnal «Naukovedenie»* [Naukovedenie], 2014, no. 5(24). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/24KO514.pdf>

22. *Razrabotka proektnoi dokumentatsii na kapital'nyi remont pervogo puskovogo kompleksa pervoi ocheredi mostovogo perekhoda cherez r. Volga v g. Volgograde* [Development of project documentation on overhaul of the first launch complex of the first stage of a bridge crossing over the Volga River in Volgograd]. Moscow, JSC "Giprotransmost" Publ., 2011. 688 p.

23. Kozlov A. V. *Modelirovanie rezonansnykh kolebanii nerazreznogo balochnogo proleznogo stroeniya avtodorozhnogo mosta pod vozdeistviem laminarnogo vetrovogo potoka (na primere «tant-suyushchego» mosta v g. Volgograde)* [Modeling of resonant fluctuations of continuous beam deck of a road bridge under the impact of hydraulically smooth wind flow (by the example of the "dancing" bridge in Volgograd)]. URL: http://rflira.ru/i/Seminar/50let/VUZ_VGASU.pdf.

24. Naumova G. A., Ponomarenko S. A., Borisanova Ya. A. [Assessment of economic efficiency of the design of a hydrodynamic damping for prevention of fluctuations of Volgograd bridge]. *Sovremennye zheleznye dorogi: dostizheniya, problemy, obrazovanie* [Modern railroads: achievements, problems, education. Proc. of V the All-Russian Sci.-Prac. Conf. Volgograd, May 29, 2012]. Volgograd, Volgograd Scientific Publishing House, 2012, iss. 5, pp. 37 — 42.

For citation:

Ponomarenko S. A. [Design-basis justification of hydrodynamic way of oscillation damping of continuous girder bridges]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 114—129.

About author:

Ponomarenko Svetlana Aleksandrovna — Assistant of Innovation Studies Department, Volgograd State University (VolSU). 100, Universitetskii prospect, Volgograd, 400062, Russian Federation, svetlanaponomarenko@yandex.ru

УДК 624.073:517.95

Ю. И. Усков, С. Ю. Катерина, М. А. Катерина

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**МАТРИЧНАЯ ФОРМА ДИСКРЕТНОГО АНАЛОГА
ОБОБЩЕННОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ
ИЗОГНУТОЙ ОСИ ОДНОМЕРНОГО ЭЛЕМЕНТА**

Представлено дальнейшее усовершенствование метода сплайн-аппроксимаций, опубликованного в работе [1]. Для исключения ранее принятых допущений при выводе расчетных формул метода предложено вместо кубического полинома, аппроксимирующего изогнутую ось одномерного элемента, воспользоваться полиномом четвертой степени.

К л ю ч е в ы е с л о в а: полином четвертой степени, сплайн-аппроксимация, дискретный аналог, дифференциальное уравнение, матричный метод.

Современный уровень развития строительной механики, вычислительной техники и информационных технологий обеспечивает принципиальную возможность расчета сооружений с учетом их реальных свойств и различных особенностей их работы на основе численных методов.

Вместе с тем проблемы математического характера, возникающие при разработке и реализации численных методов, связанные с усложнением расчетных схем, ограниченным объемом памяти и быстродействием ЭВМ, остаются актуальными и на сегодняшний день. Одной из таких проблем является проблема расчета конструкций с разрывными параметрами [2, 3].

Аналитические методы расчета сооружений с разрывными параметрами, в особенности конструкций типа пластин и оболочек, сложны и очень трудоемки в реализации. Такие известные численные методы, как метод конечных элементов [4] и метод конечных разностей [5], хотя и позволяют решать задачи с разрывными параметрами, требуют сильного сгущения расчетной сетки вблизи разрывов и приводят к осложнениям математического и вычислительного характера при составлении и решении систем алгебраических уравнений.

Одним из удачных вариантов решения этой задачи явилось использование Р. Ф. Габбасовым и его школой кусочно-полиномиальных одномерных функций (сплайн-функций) для построения дискретных аналогов дифференциальных уравнений 2-го порядка в частных производных [3]. Это позволило учесть наиболее просто конечные разрывы искомой функции и ее производных и избежать сгущения расчетной сетки вблизи разрывов и особенностей, не прибегая к законтурным точкам.

Использование современных информационных технологий для процесса автоматизации расчетов строительных конструкций всегда будет актуальной задачей. Существующие автоматизированные комплексы, разработанные на базе традиционных технологий, чаще используют компьютеры в качестве быстродействующих счетных механизмов. Неэффективность таких систем определяется, в основном, необходимостью ввода значительного объема исходных данных вручную, с клавиатуры.

Одним из вариантов превращения компьютера в серьезный инструмент моделирования разнообразных процессов, в том числе и процесса исследования поведения конструкций при разнообразных воздействиях на них, является предлагаемая в данной статье технология расчета стержневых конструкций в среде табличного процессора Excel [6]. Инструментальная среда табличного процессора Excel выбрана из-за сочетания простоты и мощности, достаточной для разработки больших специализированных систем расчета с высокой степенью автоматизации.

Метод сплайн-аппроксимаций (МСА) для двумерных пластинчатых конструкций был подробно рассмотрен в работах [7—9]. Поскольку расчетные зависимости для одномерных задач были получены как частные случаи из двумерных, то дискретные аналоги основного дифференциального уравнения получились слишком громоздкими и малоприменимыми для программной реализации.

В данной статье рассматривается технология проектирования матричной формы дискретного аналога дифференциального уравнения одномерного изгибаемого элемента [10, 11, 8, 5]. По общепринятой методике формирования матриц их элементы — ячейки оперативной памяти — заполняются значениями коэффициентов в результате реализации программного кода соответствующих стандартных программ. Так как значения коэффициентов изменяются при изменении любого входного параметра, то, варьируя хотя бы один параметр, постоянно приходится запускать программный код по формированию матриц в полном объеме. Это, естественно, значительно снижает скорость выполнения расчетов. Поэтому возникла необходимость разработки такого алгоритма заполнения ячеек матрицы, при котором бы избирательно изменялись те ячейки, которые непосредственно зависят от варьируемого параметра. Ячейки матрицы при этом заполняются соответствующими формулами — ссылками, где вместо переменных и констант фигурируют адреса тех ячеек, где находятся текущие значения варьируемых параметров.

Основываясь на простоте и эффективности программной реализации алгоритмов построения кубических сплайнов и взяв за основу разработанную в работах [12, 13, 9, 14, 15, 16] расчетную методику сплайн-аппроксимаций для двумерных конструкций, построили дискретный аналог основного дифференциального уравнения одномерного изгибаемого элемента.

Представим полином четвертой степени, аппроксимирующий изогнутую ось одномерного стержня, как некоторую функцию ϖ в локальной системе координат:

$$\varpi(\xi) = a_0 + a_1\xi + a_2\xi^2 + a_3\xi^3 + a_4\xi^4. \quad (1)$$

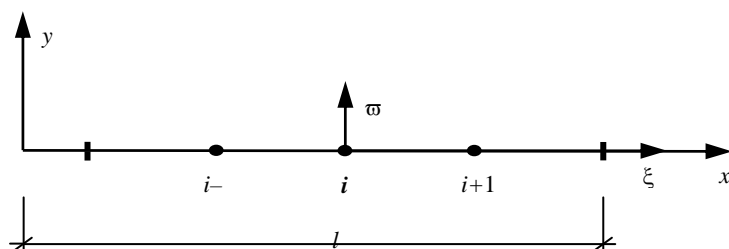


Рис. 1. Локальная система координат

Определим значения ϖ в узлах интерполяции $i-1$, i , $i+1$ рассматриваемого конечного элемента (рис. 1). При этом будем считать, что в узле i функция ϖ может претерпевать разрыв, т. е. ее значения, а также значения всех ее производных слева и справа от узла могут быть различными. Поэтому для фиксации такого различия все переменные в узле i слева будем обозначать нижним индексом « $i-$ », а с правой стороны этого узла — нижним индексом « $i+$ ». Для нахождения коэффициентов a_i трижды продифференцируем функцию $\varpi(\xi)$ по ξ :

$$\begin{cases} \varpi^\xi(\xi) = a_1 + 2a_2\xi + 3a_3\xi^2 + 4a_4\xi^3; \\ \varpi^{\xi\xi}(\xi) = 2a_2 + 6a_3\xi + 12a_4\xi^2; \\ \varpi^{\xi\xi\xi}(\xi) = 6a_3 + 24a_4\xi; \\ \varpi^{\xi\xi\xi\xi}(\xi) = 24a_4. \end{cases} \quad (2)$$

Поскольку все коэффициенты полинома являются значениями его производных в узле i , располагаемом в начале координат локальной системы (при $\xi=0$), то определим значения коэффициентов a_0 , a_1 , a_2 , a_3 и a_4 в (2), приняв $\xi=0$, и перепишем эти уравнения:

$$\begin{cases} \varpi(\xi) = \varpi(0) = \varpi_0 = a_0; \\ \varpi^\xi(\xi) = \varpi^\xi(0) = \varpi_0^\xi = a_1; \\ \varpi^{\xi\xi}(\xi) = \varpi^{\xi\xi}(0) = \varpi_0^{\xi\xi} = 2a_2; \\ \varpi^{\xi\xi\xi}(\xi) = \varpi^{\xi\xi\xi}(0) = \varpi_0^{\xi\xi\xi} = 6a_3; \\ \varpi^{\xi\xi\xi\xi}(\xi) = \varpi^{\xi\xi\xi\xi}(0) = \varpi_0^{\xi\xi\xi\xi} = 24a_4. \end{cases} \quad (2a)$$

Используя выражения (2а), запишем в локальной системе координат значения аппроксимирующей функции ϖ и значения ее производных в крайних узлах интерполяции конечного элемента (точки $i-1$ и $i+1$), выраженные через левые и правые их значения в базовом узле i :

$$\begin{cases} \varpi_{i-1} = \varpi_{i-} - \varpi_{i-}^\xi h_{i-} + \frac{1}{2} \varpi_{i-}^{\xi\xi} h_{i-}^2 - \frac{1}{6} \varpi_{i-}^{\xi\xi\xi} h_{i-}^3 + \frac{1}{24} \varpi_{i-}^{\xi\xi\xi\xi} h_{i-}^4 \quad (\text{при } \xi = -h_{i-}); \\ \varpi_{i+1} = \varpi_{i+} + \varpi_{i+}^\xi h_{i+} + \frac{1}{2} \varpi_{i+}^{\xi\xi} h_{i+}^2 + \frac{1}{6} \varpi_{i+}^{\xi\xi\xi} h_{i+}^3 + \frac{1}{24} \varpi_{i+}^{\xi\xi\xi\xi} h_{i+}^4 \quad (\text{при } \xi = h_{i+}); \\ \varpi_{i-1}^\xi = \varpi_{i-}^\xi - \varpi_{i-}^{\xi\xi} h_{i-} + \frac{1}{2} \varpi_{i-}^{\xi\xi\xi} h_{i-}^2 - \frac{1}{6} \varpi_{i-}^{\xi\xi\xi\xi} h_{i-}^3 \quad (\text{при } \xi = -h_{i-}); \\ \varpi_{i+1}^\xi = \varpi_{i+}^\xi + \varpi_{i+}^{\xi\xi} h_{i+} + \frac{1}{2} \varpi_{i+}^{\xi\xi\xi} h_{i+}^2 + \frac{1}{6} \varpi_{i+}^{\xi\xi\xi\xi} h_{i+}^3 \quad (\text{при } \xi = h_{i+}); \\ \varpi_{i-1}^{\xi\xi} = \varpi_{i-}^{\xi\xi} - \varpi_{i-}^{\xi\xi\xi} h_{i-} + \frac{1}{2} \varpi_{i-}^{\xi\xi\xi\xi} h_{i-}^2 \quad (\text{при } \xi = -h_{i-}); \\ \varpi_{i+1}^{\xi\xi} = \varpi_{i+}^{\xi\xi} + \varpi_{i+}^{\xi\xi\xi} h_{i+} + \frac{1}{2} \varpi_{i+}^{\xi\xi\xi\xi} h_{i+}^2 \quad (\text{при } \xi = h_{i+}); \\ \varpi_{i-1}^{\xi\xi\xi} = \varpi_{i-}^{\xi\xi\xi} - \varpi_{i-}^{\xi\xi\xi\xi} h_{i-} \quad (\text{при } \xi = -h_{i-}); \\ \varpi_{i+1}^{\xi\xi\xi} = \varpi_{i+}^{\xi\xi\xi} + \varpi_{i+}^{\xi\xi\xi\xi} h_{i+} \quad (\text{при } \xi = h_{i+}). \end{cases} \quad (3)$$

Найдем сумму левых и правых частей соответствующих парных уравнений (3):

$$\left\{ \begin{aligned} & \varpi_{i-1} - \varpi_{i-} - \varpi_{i+} + \varpi_{i+1} + \varpi_{i-}^{\xi} h_{i-} - \varpi_{i+}^{\xi} h_{i+} - \frac{1}{2} (\varpi_{i-}^{\xi\xi} h_{i-}^2 + \varpi_{i+}^{\xi\xi} h_{i+}^2) + \\ & + \frac{1}{6} (\varpi_{i-}^{\xi\xi\xi} h_{i-}^3 - \varpi_{i+}^{\xi\xi\xi} h_{i+}^3) = \frac{1}{24} (\varpi_{i-}^{\xi\xi\xi\xi} h_{i-}^4 + \varpi_{i+}^{\xi\xi\xi\xi} h_{i+}^4); \\ & \varpi_{i-1}^{\xi} - \varpi_{i-}^{\xi} - \varpi_{i+}^{\xi} + \varpi_{i+1}^{\xi} + \varpi_{i-}^{\xi\xi} h_{i-} - \varpi_{i+}^{\xi\xi} h_{i+} - \frac{1}{2} (\varpi_{i-}^{\xi\xi\xi} h_{i-}^2 + \varpi_{i+}^{\xi\xi\xi} h_{i+}^2) = \\ & = -\frac{1}{6} (\varpi_{i-}^{\xi\xi\xi\xi} h_{i-}^3 - \varpi_{i+}^{\xi\xi\xi\xi} h_{i+}^3); \\ & \varpi_{i-1}^{\xi\xi} - \varpi_{i-}^{\xi\xi} - \varpi_{i+}^{\xi\xi} + \varpi_{i+1}^{\xi\xi} + \varpi_{i-}^{\xi\xi\xi} h_{i-} - \varpi_{i+}^{\xi\xi\xi} h_{i+} = \frac{1}{2} (\varpi_{i-}^{\xi\xi\xi\xi} h_{i-}^2 + \varpi_{i+}^{\xi\xi\xi\xi} h_{i+}^2); \\ & \varpi_{i-1}^{\xi\xi\xi} - \varpi_{i-}^{\xi\xi\xi} - \varpi_{i+}^{\xi\xi\xi} + \varpi_{i+1}^{\xi\xi\xi} = -\varpi_{i-}^{\xi\xi\xi\xi} h_{i-} + \varpi_{i+}^{\xi\xi\xi\xi} h_{i+}. \end{aligned} \right. \quad (4)$$

Заменим в (4) переменную ϖ и ее производные на y — вертикальные перемещения изогнутой линии стержня. При этом примем во внимание, что первая, вторая, третья и четвертая производные от y являются ничем иным, как углами поворота, изгибающими моментами, поперечными силами и распределенной нагрузкой в соответствующих точках данной оси. В результате получим обобщенный дискретный аналог дифференциального уравнения изогнутой оси одномерного стержня как систему уравнений, описывающих его напряженно-деформированное состояние (НДС).

$$\left\{ \begin{aligned} & y_{i-1} - y_{i-} - y_{i+} + y_{i+1} - \varphi_{i-} h_{i-} + \varphi_{i+} h_{i+} + \frac{1}{2} (m_{i-} h_{i-}^2 + m_{i+} h_{i+}^2) - \\ & - \frac{1}{6} (Q_{i-} h_{i-}^3 - Q_{i+} h_{i+}^3) = -\frac{1}{24} (q_{i-} h_{i-}^4 + q_{i+} h_{i+}^4); \\ & -\varphi_{i-1} + \varphi_{i-} + \varphi_{i+} - \varphi_{i+1} - m_{i-} h_{i-} + m_{i+} h_{i+} + \frac{1}{2} (Q_{i-} h_{i-}^2 + Q_{i+} h_{i+}^2) = \\ & = \frac{1}{6} (q_{i-} h_{i-}^3 - q_{i+} h_{i+}^3); \\ & -m_{i-1} + m_{i-} + m_{i+} - m_{i+1} - Q_{i-} h_{i-} + Q_{i+} h_{i+} = -\frac{1}{2} (q_{i-} h_{i-}^2 + q_{i+} h_{i+}^2); \\ & -Q_{i-1} + Q_{i-} + Q_{i+} - Q_{i+1} = (q_{i-} h_{i-} - q_{i+} h_{i+}). \end{aligned} \right. \quad (5)$$

Для построения матричной формы системы уравнений (5) зададимся сначала числом узлов интерполяции в аппроксимирующей функции, в которые будем помещать базовые (центральные) узлы конечных элементов (КЭ) стержня. Если число разбиений стержня на КЭ взять, например, равным $n=10$, то таких узлов будет 11, и, следовательно, размерность матриц будет равна 11×11 . Для вычисления произведений переменных, входящих в систему уравнений (5), на соответствующие безразмерные длины (а также и на их степени) участков слева и справа от узла интерполяции вычисляется скалярное парное произведение соответствующих матриц. Можно также одновре-

менно находить сумму таких парных произведений. В Excel это делается довольно просто: строится новая матрица-приемник, в ячейки которой заносится формула типа $m_{i-}h_{i-} + m_{i+}h_{i+}$, принимающая значения соответствующих ячеек четырех исходных матриц с использованием относительной адресации; сама же матрица-приемник будет просто обозначаться как $M_{mh\pm}$. Аналогичным образом строятся и обозначаются матрицы: $M_{\phi h\pm}$; $M_{Qh\pm}$; $M_{qh\pm}$; $M_{mh2\pm}$; $M_{Qh2\pm}$; $M_{qh2\pm}$; $M_{Qh3\pm}$; $M_{qh3\pm}$ и $M_{qh4\pm}$, где кроме переменной m используются переменные ϕ , Q и q . При этом цифрой в нижнем индексе обозначена соответствующая степень безразмерной переменной $h\pm$, т. е. h_{i-}^2 или h_{i+}^2 ; h_{i-}^3 или h_{i+}^3 ; h_{i-}^4 или h_{i+}^4 . В простейшем случае при равномерном разбиении изгибаемого стержня длиной $l=1$ на $n=10$ участков $h = \frac{1}{n}$ форма матриц имеет следующий вид (рис. 2, 3).

В затененные столбцы слева от матриц вводятся значения коэффициентов, изменяющих первоначальные значения переменных y_i , ϕ_i , m_i , Q_i , q_i , h_i , а затененные строки сверху матриц означают номера левых и правых узлов интерполяции в каждой точке разбиения.

Такая методика позволяет выполнять своего рода «свертку» или конденсацию матриц — из 4-х матриц получаем всего лишь одну. Для построенных таким образом сконденсированных матриц введем обозначения:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{y\pm} = M_{y-} + M_{y+}; M_{\phi y\pm} = M_{\phi h-} + M_{\phi h+}; M_{my\pm} = \frac{M_{mh2-} + M_{mh2+}}{2}; \\ M_{Qy\pm} = \frac{M_{Qh3-} + M_{Qh3+}}{6}; M_{qy\pm} = \frac{M_{qh4-} + M_{qh4+}}{24}; M_{\phi q\pm} = M_{\phi-} + M_{\phi+}; \\ M_{m\phi\pm} = M_{mh-} + M_{mh+}; M_{Q\phi\pm} = \frac{M_{Qh2-} + M_{Qh2+}}{2}; M_{q\phi\pm} = \frac{M_{qh3-} + M_{qh3+}}{6}; \\ M_{mm\pm} = M_{m-} + M_{m+}; M_{Qm\pm} = M_{Qh-} + M_{Qh+}; M_{qm\pm} = \frac{M_{qh2-} + M_{qh2+}}{2}; \\ M_{QQ\pm} = M_{Q-} + M_{Q+}; M_{qQ\pm} = M_{qh-} + M_{qh+}. \end{array} \right. \quad (6)$$

С учетом введенных обозначений матричная форма исходной системы уравнений (5) будет иметь вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{y\pm} + M_{\phi y\pm} + M_{my\pm} + M_{y\pm} = M_{qy\pm}; \\ M_{\phi\phi\pm} + M_{m\phi\pm} + M_{Q\phi\pm} = M_{q\phi\pm}; \\ M_{mm\pm} + M_{Qm\pm} = M_{qm\pm}; \\ M_{QQ\pm} = M_{qQ\pm}. \end{array} \right. \quad (5a)$$

Форма универсальной разрешающей матрицы при условии, что нулевые ячейки условно не показаны, представлена на рис. 4.

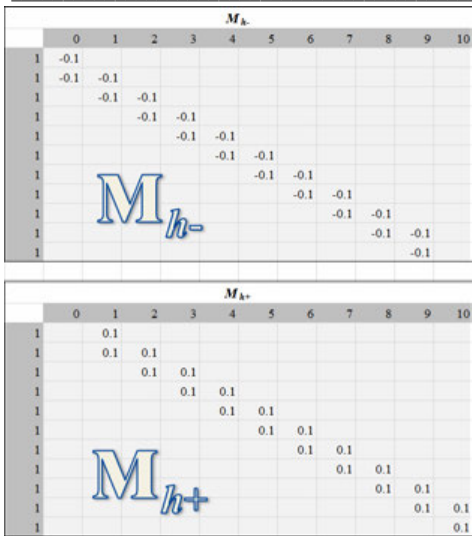


Рис. 2. Вид матриц M_h при равномерном разбиении изгибаемого стержня

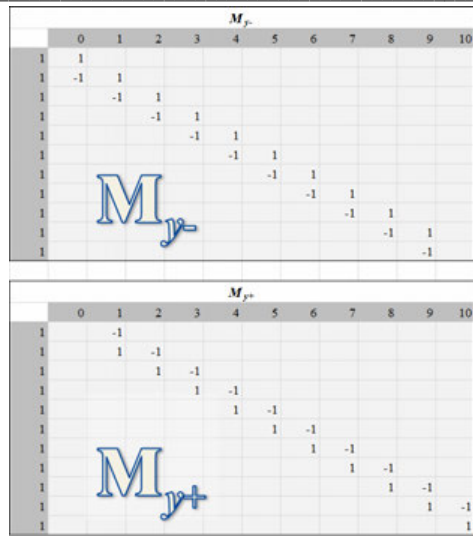


Рис. 3. Вид матриц M_y при равномерном разбиении изгибаемого стержня

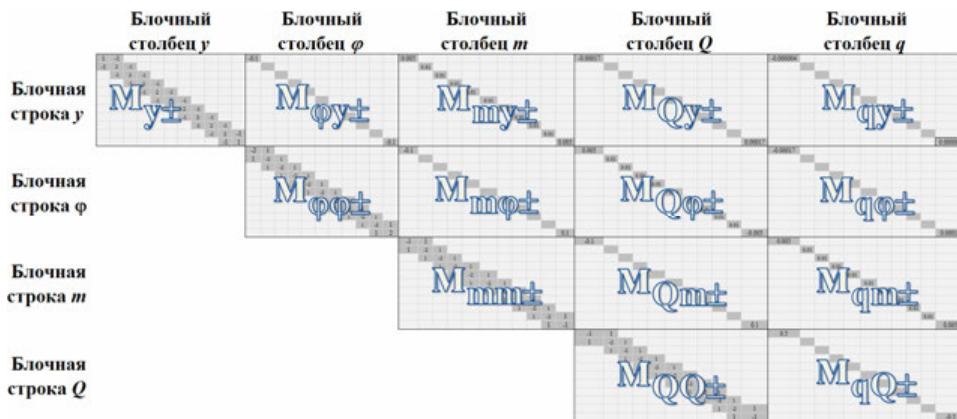


Рис. 4. Форма универсальной разрешающей матрицы

В заключение отметим, что для аппроксимации изогнутой оси одномерного стержня в данной работе предложен полиномом четвертой степени. Его четырехкратное дифференцирование с последующей заменой производных их дискретными аналогами при использовании общеизвестных зависимостей из курса сопротивления материалов [1] позволило получить систему алгебраических уравнений, описывающих напряженно-деформированное состояние данного стержня. Поскольку расчеты конструкций с разрывными параметрами остаются еще недостаточно разработанными, то дальнейшее развитие и усовершенствование методов решения данной проблемы является перспективной задачей. Учет возможных разрывов основных параметров достигается путем разбиения их значений в узлах интерполяции на две части — слева и справа от узла. Для разработки матричной формы полученной системы уравнений, позволяющей унифицировать вычислительный процесс,

осуществить автоматизацию ввода исходных данных, а также значительно сократить время на отладку созданных процедур, использована среда табличного процессора MS Excel. Данный подход имеет более общий характер по сравнению с общеизвестным методом сплайн-функций [9, 14, 15, 16] и методом последовательных аппроксимаций Р. Ф. Габбасова [3, 17].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Усков Ю. И., Катерина С. Ю., Катерина М. А. Построение дискретного аналога уравнения изгиба стержня на основе модифицированного метода сплайн аппроксимаций // Строительная механика и расчет сооружений. 2015. № 2. С. 39—43.
2. Лащеников Б. Я. Применение метода интегральной матрицы при разрывных и обобщенных функциях // Труды МИИТ. 1963. Вып. 174. С. 123—128.
3. Габбасов Р. Ф. О разностных формах метода последовательных аппроксимаций // Численные методы решения задач строительной механики. Киев: КИСИ, 1978. С. 121—126.
4. Игнатьев В. А. Методы супердискретизации в расчетах сложных стержневых систем. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1981. 108 с.
5. Варвак П. М., Варвак Л. П. Метод сеток в задачах расчета строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1977. 154 с.
6. Кертис Д. Фрай. Microsoft Excel 2013. Шаг за шагом. М.: ЭКОМ Паблишерз, 2014. 524 с.
7. Марчук Г. И. Методы вычислительной математики. М.: Наука, 1977. 454 с.
8. Игнатьев В. А. Редукционные методы расчета в статике и динамике пластинчатых систем. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1992. 144 с.
9. Шайкевич В. Д. Сплайн-аппроксимация при определении перемещений упругих стержневых систем // Известия вузов. Строительство. 1975. № 3.
10. Александров А. В. Численное решение линейных дифференциальных уравнений при помощи матрицы дифференцирования // Труды МИИТ. 1961. Вып. 131. С. 253—266.
11. Катерина С. Ю., Усков Ю. И. Технология формирования основной разрешающей матрицы для расчета плит в среде табличного процессора Excel // Известия вузов. Строительство. 2003. № 10. С. 125—129.
12. Усков Ю. И., Катерина С. Ю. Модифицированный метод сплайн-аппроксимаций в расчете пластинок. Деп в ВИНТИ. 01.04.98, № 2021 – В99.
13. Игнатьев В. А., Катерина С. Ю., Усков Ю. И. Построение дискретных аналогов дифференциальных уравнений изгиба стержней и пластинок с разрывными параметрами на основе метода сплайн-аппроксимаций // Известия вузов. Строительство. 2002. № 5. С. 11—16.
14. Ignatjev V. A. Berechnung von Kastenträger-systemen unter Verwedung von Spline-Superelementen // Technische Mechanik 8. 1987. Heft 4. S. 46—51.
15. Nürnberger G., Zeilfelder F. Developments in bivariate spline interpolation // Journal of Computational and Applied Mathematics. Vol. 121. Iss.1–2. 1 September 2000. Pp. 125—152.
16. Spline approximation of discontinuous multivariate functions from scattered data // M. C. Lopez de Silanes, M. C. Parra, M. Pasadas, J. J. Torrens // Journal of Computational and Applied Mathematics. 2001. T. 131. № 1-2. С. 281—298.
17. Catinas E. On the superlinear convergence of the successive approximations method // Journal of Optimization Theory and Applications. 2002. T. 113. № 3. С. 473—485.

© Усков Ю. И., Катерина С. Ю., Катерина М. А., 2015

Поступила в редакцию
в июне 2015 г.

Ссылка для цитирования:

Усков Ю. И., Катерина С. Ю., Катерина М. А. Матричная форма дискретного аналога обобщенного дифференциального уравнения изогнутой оси одномерного элемента // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 130—138.

Об авторах:

Усков Юрий Иванович — канд. техн. наук, проф., Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолГАСУ). Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1, yi-uskov@mail.ru

Катеринина Светлана Юрьевна — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1, Katsvetlana@mail.ru

Катеринина Мария Александровна — инженер-программист кафедры строительной механики, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1, m_katerinina@mail.ru

Yu. I. Uskov, S. Yu. Katerinina, M. A. Katerinina

MATRIX FORM OF DISCRETE ANALOGUE OF GENERALIZED DIFFERENTIAL EQUATION OF CURVED AXIS OF ONE-DIMENSIONAL ELEMENT

In the article presented is the further improvement of the method of spline-approximation, published in the paper [1]. To exclude the previously adopted assumptions in the derivation of the method of calculation formulas it is suggested to use fourth-degree polynomial instead of a cubic polynomial approximating the curved axis of the one-dimensional element.

Key words: fourth-degree polynomial, spline-approximation, discrete analogue, differential equation, matrix method.

REFERENCES

1. Uskov Yu. I., Katerinina S. Yu., Katerinina M. A. [Construction of a discrete analogue of the equation of bending of the rod on the basis of the modified method of spline approximation]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii* [Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii], 2015, no. 2, pp. 39—43.
2. Lashchenikov B. Ya. [Application of the integral matrix method at discontinuous and generalised functions]. *Trudy MIIT* [Works of MIIT], 1963, iss. 174, pp. 123—128.
3. Gabbasov R. F. [About difference forms of the successive approximations method]. *Chislennye metody resheniya zadach stroitel'noi mekhaniki* [Numerical methods of solution of problems of construction mechanics]. Kiev, KISI Publ., 1978. Pp. 121—126.
4. Ignat'ev V. A. *Metody superdiskretizatsii v raschetakh slozhnykh sterzhnevnykh sistem* [Oversampling methods in calculations of complicated bar systems]. Saratov, Publishing House of Saratov University, 1981. 108 p.
5. Varvak P. M., Varvak L. P. *Metod setok v zadachakh rascheta stroitel'nykh konstruksii* [Net method in problems of calculation of construction designs]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1977. 154 p.
6. Curtis D. Frye. *Microsoft Excel 2013. Shag za shagom* [Microsoft Excel 2013. Step by step]. Moscow, EKOM Publishers, 2014. 524 p.
7. Marchuk G. I. *Metody vychislitel'noi matematiki* [Methods of computing mathematics]. Moscow, Nauka Publ., 1977. 454 p.
8. Ignat'ev V. A. *Reduktsionnye metody rascheta v statike i dinamike plastinchatykh sistem* [Reduction calculation methods in statics and dynamics of lamellar systems]. Saratov, Publishing house of Saratov University, 1992. 144 p.
9. Shaikevich V. D. [Spline approximation at determination of movements of elastic bar systems]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 1975, no. 3.
10. Aleksandrov A. V. [Numerical solution of the linear differential equations by means of a differentiation matrix]. *Trudy MIIT* [Works of MIIT], 1961, iss. 131, pp. 253—266.
11. Katerinina S. Yu., Uskov Yu. I. [Technology of Solving Main Matrix to Calculate Plates in Table Processor Medium Excel]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction], 2003, no. 10, pp. 125—129.
12. Uskov Yu. I., Katerinina S. Yu. *Modifitsirovannyi metod spline-approksimatsii v raschete plastinok. Dep v VINITI. 01.04.98, № 2021 – V99* [Modified method of spline approximations in the calculation of plates. Dep in VINITI. 01.04.98, no. 2021 – B99].
13. Ignat'ev V. A., Katerinina S. Yu., Uskov Yu. I. [Formation of discrete analogs of differential equations of a bending of bars and plates with discontinuous parameters on the basis of spline approximations method]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction], 2002, no. 5, pp. 11—16.

14. Ignatjev V. A. Berechnung von Kastenträger-systemen unter Verwedung von Spline-Superelementen. *Technische Mechanik* 8, 1987, Heft 4, s. 46—51.
15. Nürnbergera G., Zeilfelderb F. Developments in bivariate spline interpolation. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 2000, 121(1–2), pp. 125—152.
16. Lopez de Silanes M. C., Parra M. C., Pasadas M., Torrens J. J. Spline approximation of discontinuous multivariate functions from scattered data. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 2001, 131(1-2), pp. 281—298.
17. Catinas E. On the superlinear convergence of the successive approximations method. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 2002, 113(3), pp. 473—485.

For citation:

Uskov Yu. I., Katerinina S. Yu., Katerinina M. A. [Matrix form of discrete analogue of generalized differential equation of curved axis of one-dimensional element]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 130—138.

About authors:

Uskov Yuri Ivanovich — Candidate of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, yi-uskov@mail.ru

Katerinina Svetlana Yur'evna — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, Kat-svetlana@mail.ru

Katerinina Mariya Aleksandrovna — Engineer-programme of Structural Mechanics Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, m_katerinina@mail.ru

УДК 625.768.5:338.312

С. В. Алексиков, И. С. Алексиков, М. О. Карпушко, Г. И. Беликов

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОЖНЫХ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ ЮГА РОССИИ

В современных жестких условиях эксплуатации дорожной сети, особенно в жарком климате юга РФ, традиционные асфальтобетонные покрытия не в состоянии сохранить нормативные эксплуатационные характеристики (прочность и ровность). В связи с перспективой развития дорожной сети юга РФ выполнена технико-экономическая оценка эффективности применения дорожных одежд с цементобетонным (жестким) покрытием для федеральных, региональных и территориальных дорог.

Ключевые слова: цементобетонное покрытие, асфальтобетонное покрытие, дорожная одежда, интенсивность движения, транспортный поток, экономическая эффективность, затраты на содержание и текущий ремонт нежестких покрытий.

Сложившаяся в 60—90-х годах прошлого столетия практика дорожного строительства сформировала устойчивое мнение, что дорожные одежды с асфальтобетонным покрытием экономически выгодней конструкций с цементобетонным покрытием. В современных условиях роста интенсивности и осевых нагрузок, положительного опыта многолетней эксплуатации жестких дорожных покрытий (до 25 лет и более), необходимости строительства и реконструкции опорных магистралей страны назрела необходимость пересмотра сложившейся практики к назначению дорожных покрытий. Исследования ФГУП «РОСДОРНИИ» показали эффективность применения цементобетонного покрытия во 2-й дорожно-климатической зоне [1]. Дисконтированные затраты в дорожную одежду с цементобетонным покрытием на 14 % меньше, чем с традиционным асфальтобетонным покрытием.

В современных жестких условиях эксплуатации дорожной сети, особенно в жарком климате юга РФ, традиционные асфальтобетонные покрытия не в состоянии сохранить нормативные эксплуатационные характеристики (прочность и ровность). Это привело к ограничению движения грузового транспорта в светлое время суток в летний период, когда асфальтобетонное покрытие нагревается до 70...90 °С, снижает свои деформационные характеристики и подвержено образованию «колеиности». Для избежания этого в покрытии применяются дорогие асфальтобетонные смеси, армированные синтетическими сетками, на основе модифицированных вяжущих и ЩМА, которые по стоимости приближаются к цементобетонным покрытиям. Кроме того, межремонтные сроки цементобетонных покрытий в 2...3 раза больше асфальтобетонных, а расчетный срок проведения капитального ремонта дорожной конструкции составляет 25 лет против 12...15 лет для асфальтобетонных покрытий. В результате затраты на содержание и текущий ремонт нежестких покрытий в 4,4...5,1 раза выше, а более частые капитальные ремонты требуют дополнительных затрат от 800 до 1200 тыс. р. на 1 км дороги.

В связи с перспективой развития дорожной сети юга РФ выполнена технико-экономическая оценка эффективности применения дорожных одежд с

цементобетонным (жестким) покрытием для магистральных (федеральных), региональных и межмуниципальных (территориальных) дорог II, III, IV технической категории Волгоградской области (V дорожно-климатическая зона) с интенсивностью движения от 400 до 7000 авт./сут.

Проектирование конструкций выполнено по ОДН 218.046-01 для дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием и по методическим рекомендациям по проектированию жестких дорожных одежд¹. Основными исходными данными являлись интенсивность движения и состав транспортного потока (грузовых автомобилей). Исследование воздействия современных транспортных нагрузок на проезжую часть выполнено на основе данных собственных наблюдений, исследований сотрудников Ростовского государственного строительного университета и Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) [2, 3], проектной документации на строительные объекты Волгоградской области. Установлено, что на автомагистралях («Каспий», «Дон», «Балтия», «Крым») и местных (муниципальных) дорогах Волгоградской области в составе транспортного потока можно выделить основные группы следующих автомобилей: легковые — 55...65 %; автобусы — 2...4 %; грузовые автомобили — 25...38 %. Интенсивность движения существенно изменяется по длине дорог и установить ее достаточно точно невозможно (рис. 1, 2).

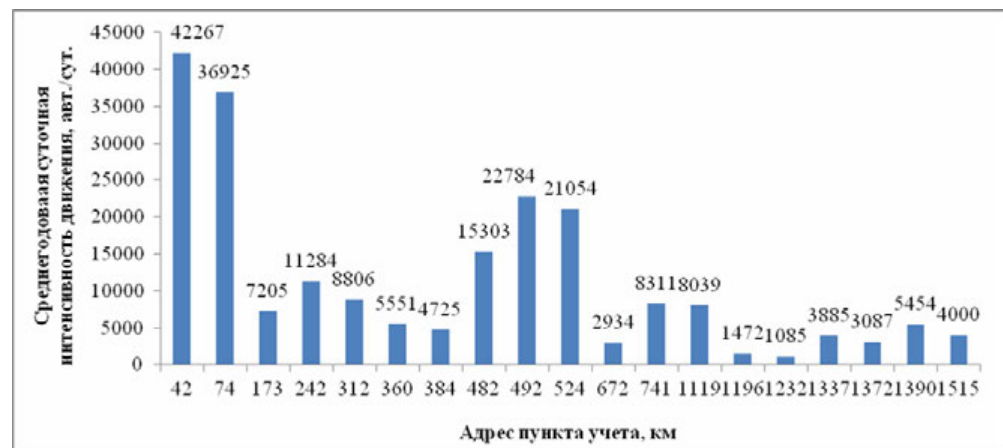


Рис. 1. Изменение интенсивности движения на дороге «Дон» с 42-го до 1515-й км

Интенсивность движения на федеральных дорогах Волгоградской области (II, III технических категорий) изменяется от 3500 до 16 000 авт./сут, на региональных и межмуниципальных дорогах (III—IV технической категории) — от 300 до 8700 авт./сут. Прирост движения на дорогах общего пользования составляет от 1 до 3 % в год, на отдельных направлениях — 7...12 % в год. Распределение движения транспорта по полосам дорог неравномерное (табл. 1), поэтому при расчете конструкций использовался поправочный коэффициент, рекомендованный ОДН 218.046-01.

¹ Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд. Минтранс России № ОС-1066-р от 03.12.2003 г. (Взамен ВСН 197-91).

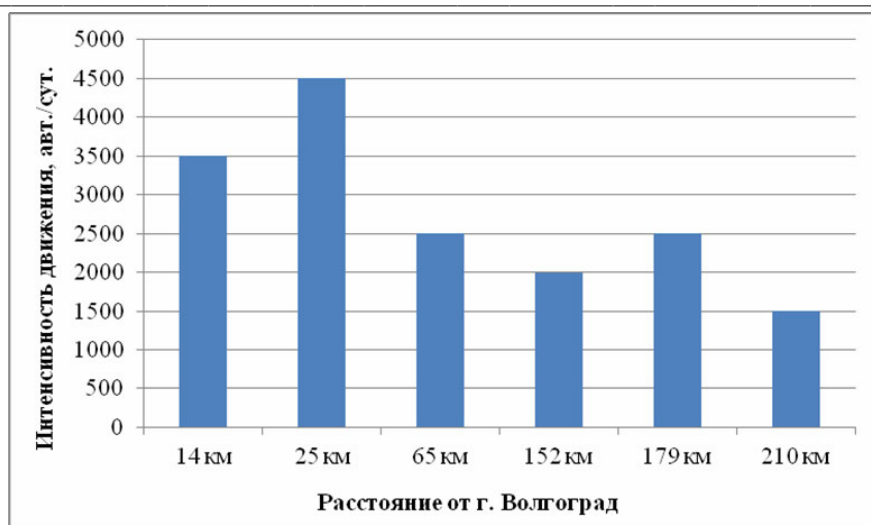


Рис. 2. Изменение интенсивности движения на дороге Сызрань — Саратов — Волгоград

Т а б л и ц а 1

Распределение транспорта по полосам движения

Титул магистрали	Распределение транспортного потока по полосам, %		
	Левая полоса движения	Правая полоса движения	Укрепленная полоса обочины
М-2 «Крым»*	53,1	42,3	4,6
М-4 «Дон»*	63,8	34,8	1,4
М-9 «Балтия»*	54,2	44,7	1,1
М-6 «Каспий» (ремонт моста р. Иловля)	54,2	44,7	1,1
3-я Продольная магистраль (пос. Водстрой)	53,1	42,6	4,3
Ул. Л. Толстого г. Волгограда	—	86,4	13,6
Волгоград — Са- ратов (примыка- ние к 3-й Про- дольной магист- рели)	55,5	40,3	4,2

* Использованы данные [2].

Учитывая, что наибольшее разрушающее воздействие на дорожные одежды оказывают грузовые автомобили, остановимся подробнее на составе грузового транспортного потока. Согласно ОДН 218.046-01, расчет конструкции выполняется на осевую нагрузку наиболее тяжелого грузового автомобиля, доля которого в составе потока не менее 10 %. При анализе транспортных потоков на дорогах юга РФ установлено, что на долю грузовых ав-

томобилей приходится 25...38 %. Наиболее распространенными многоосными транспортными средствами являются пятиосный автомобиль в составе трехосного грузовика с двухосным прицепом и трехосный грузовик со сдвоенной задней осью. Из транспортных средств с перегрузками до 54 % приходится на пятиосные автомобили разных конструктивных схем (32 % — двухосный тягач с трехосным полуприцепом, 14 % — трехосный тягач с двухосным прицепом, 8 % — трехосный тягач с двухосным полуприцепом).

Анализ данных весового учета транспорта показал, что грузовые автомобили с определенной загрузкой движутся по дорогам в следующем соотношении: автомобили с номинальной нагрузкой — 30 %; загруженные транспортные средства — 60 %; автомобили с нагрузкой, превышающей допустимую, — 10 % [3]. В составе грузового движения наиболее представлены автомобили с осевой нагрузкой 10 т.

Проектирование дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием выполнено согласно ОДН 218.046-01. В качестве расчетного автомобиля принят грузовой автомобиль группы А1 с нормативной статической нагрузкой 100 кН на ось. Расчеты, выполненные с помощью компьютерной программы RODON 2.1, позволили сформировать 4 варианта конструкций (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Конструкции дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием

Наименование слоя	Толщина слоев, см			
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
	7000 авт./сут	3470 авт./сут	1600 авт./сут	400 авт./сут
Асфальтобетон плотный горячий на битуме БНД марки 60/90 (Тип А, марка I)	5,0	4,0	4,0	4,0
Черный щебень, уложенный по способу заклинки	7,0	8,0	8,0	8,0
Щебень фракционированный легкоуплотняемый 40...80 мм с заклинкой фракционированным мелким щебнем	45,0	42,0	41,0	37,0
Песок средней крупности с 0 % содержанием пылеглинистой фракции	10,0	10,0	10,0	10,0
Грунт земляного полотна — суглинок легкий пылеватый	—	—	—	—

Проектирование дорожных одежд с цементобетонным покрытием выполнено согласно Методическим рекомендациям по проектированию жестких дорожных одежд для расчетного автомобиля группы А1. В основании конструкций использован щебень фракционированный легкоуплотняемый Ф 40...80 мм, подстилающий слой запроектирован из песка средней крупности с 0 % содержанием пылеглинистой фракции. Варианты конструкций с цементобетонным покрытием представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Конструкции дорожных одежд с цементобетонным покрытием

Наименование слоя	Толщина слоев, см			
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
	7000 авт./сут	3470 авт./сут	1600 авт./сут	400 авт./сут
Цементобетонное покрытие класса Вtb 4,0 с модулем упругости 33 000 МПа	24	22	21	20
Щебень фракционированный легкоуплотняемый 40...80 мм с модулем упругости 450 МПа	22	18	18	18
Песок средней крупности с 0 % содержанием пылеглинистой фракции	30	30	30	30
Грунт земляного полотна — суглинок легкий пылеватый	—	—	—	—

Расчеты затрат на строительство и эксплуатацию автомобильных дорог с различным покрытием выполнены согласно². Межремонтные сроки приняты по³, укрупненные показатели сметной стоимости (УПСС) и удельные нормативы на ремонт и содержание дорог назначены согласно⁴ [4, 5]. Применение УПСС и удельных нормативов исключает привязку расчетов к отдельному объекту (дороге), позволяет оценить экономическую эффективность применения цементобетонных покрытий при строительстве дорог различных технических категорий.

Экономическая эффективность оценивалась по дисконтированным (приведенным) затратам в строительство, капитальный ремонт, ремонт и содержание дорожных одежд в ценах 2013 г. на 1 км дорог:

$$P_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} + \sum_1^t \frac{\mathcal{E}_t}{(1 + E_n)^t} \rightarrow \min,$$

² ВСН 21-83. Указания по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительство и реконструкцию автомобильных дорог / Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1985. 125 с.

Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. М.: Экономика. 2000. – 423 с.

³ Межремонтные сроки проведения капитального ремонта и ремонта автомобильных дорог общего пользования федерального значения и искусственных сооружений на них. Утв. приказом Минтранса России от 01 ноября 2007 г. № 157.

⁴ Постановление Правительства РФ от 23 августа 2007 г. № 539 «О нормативах денежных затрат на содержание и ремонт автомобильных дорог федерального значения и правилах их расчета».

Письмо Координационного центра по ценообразованию и сметному нормированию в строительстве от 14 марта 2011 г. № КЦ/П2011-03ти «Об индексах изменения сметной стоимости строительства по Федеральным округам и регионам Российской Федерации на март 2011 года».

где $K_{пр}$ — единовременные (строительные) затраты; E_n — норма дисконта (равна 0,08); t — срок сравнения вариантов, принят равным расчетному сроку службы цементобетонного покрытия 25 лет; \mathcal{E}_t — текущие затраты, которые включают расходы на капитальный ремонт дорожной одежды, ремонт и содержание дорожного покрытия.

Сметная стоимость строительства рассчитана с учетом материала и толщины конструктивных слоев по УПСС (ТСН-2001) с территориальным поправочным коэффициентом к сметной стоимости строительства 0,92 для Волгоградской области. Затраты на капитальный ремонт, ремонт и содержание дорожной одежды⁵ определялись как соответствующая доля затрат (понижающие коэффициенты) от норматива на капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильной дороги по табл. 4.

Таблица 4

Доля затрат на ремонт и содержание покрытий

Категория автомобильной дороги	Доля затрат на дорожную одежду, % от норматива на капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильной дороги		
	Капитальный ремонт	Ремонт	Содержание
II	0,45	0,68	0,39
III	0,42	0,78	0,39
IV	0,41	0,76	0,16

Дисконтированные затраты на содержание дорожных покрытий за расчетный период 25 лет для дороги II категории с интенсивностью 7000 авт./сут приведены на рис. 3.

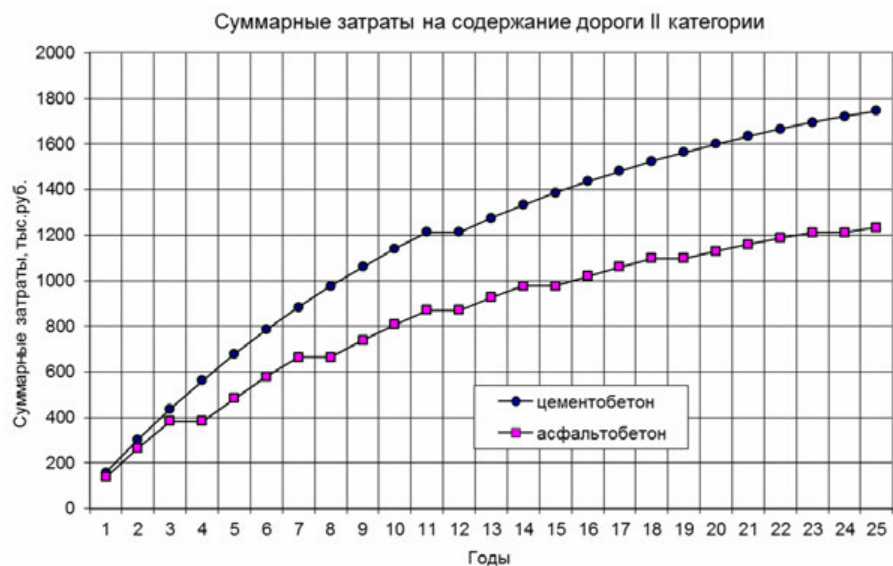


Рис. 3. Дисконтированные затраты для дороги с интенсивностью 7000 авт./сут

⁵ ОДМ 218.2.028-2012. Методические рекомендации по технико-экономическому сравнению вариантов дорожных одежд / ФГУП «Росдорнии». М., 2012.

Суммарные дисконтированные текущие (эксплуатационные) затраты по вариантам дорожной одежды приведены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Дисконтированные текущие затраты за расчетный период 25 лет

Цементобетонное покрытие				Асфальтобетонное покрытие			
Дисконтированные затраты, тыс. р./км				Дисконтированные затраты, тыс. р./км			
Содержание	Ремонт	Капитальный ремонт	Суммарные текущие затраты	Содержание	Ремонт	Капитальный ремонт	Суммарные текущие затраты
Дорога II технической категории при интенсивности движения 7000 авт./сут.							
1746	954	0	2700	1233	4154	2089	7476
Дорога II технической категории при интенсивности движения 3500 авт./сут.							
1746	954	0	2700	1233	4154	2089	7476
Дорога III технической категории при интенсивности движения 1600 авт./сут.							
1746	954	0	2700	1233	4154	2089	7476
Дорога IV технической категории при интенсивности движения 400 авт./сут.							
1746	954	0	2700	1233	4154	2089	7476

Суммарные дисконтированные затраты по вариантам приведены в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

Суммарные дисконтированные затраты за расчетный период 25 лет

Категория дороги	Интенсивность, авт./сут.	Суммарные дисконтированные затраты в конструкции с покрытием	
		цементобетонным	асфальтобетонным
II	7000	20187	22189
II	3500	18720	21653
III	1600	16448	16745
IV	400	13317	14237

Выполненные исследования позволяют сделать следующие *выводы*:

1. Анализ особенностей эксплуатации дорожной сети показывает, что, несмотря на положительный опыт строительства цементобетонных покрытий (в 60—70-е годы прошлого столетия), более 90 % автомобильных дорог имеет нежесткое асфальтобетонное покрытие. Рост автомобильного парка РФ до 10...12 % в год, интенсивности движения и осевых нагрузок привел к тому, что до 30 % федеральных дорог перегружено. Повышенный износ жестких дорожных одежд привел к сокращению срока службы автомобильных дорог в 1,5 раза, к ежегодному росту расходов на ремонт дорожной сети до 30 %. Вместе с тем расчетный срок службы цементобетонного покрытия в 2 раза выше, а межремонтные сроки в 2...3 раза больше, чем у асфальтобетонного покрытия. Эксплуатационные расходы, связанные с ремонтом и содержанием жестких дорожных одежд, ниже в 1,8...2,7 раза.

2. Повышенная «деформативность» асфальтобетонных покрытий в современных условиях эксплуатации потребовала пересмотра требований к проектированию и строительству жестких дорожных одежд. При строительстве и ремонте федеральных дорог стали применяться более прочные и

дорогие армированные асфальтобетонные покрытия, смеси на основе модифицированных вяжущих, щебеночно-мастичные смеси и т. п. Указанные технические решения способствовали увеличению стоимости строительства асфальтобетонных покрытий на 15...25 %. В результате стоимость нежестких дорожных одежд приблизилась к стоимости конструкций с цементобетонным покрытием. В связи с этим назрела необходимость в оценке эффективности применения дорожных одежд с цементобетонными покрытиями.

3. В современных условиях эксплуатации дорожной сети юга РФ доказано экономическое преимущество дорожных одежд с цементобетонным покрытием над конструкциями с асфальтобетонным покрытием. Несмотря на более высокую строительную стоимость конструкций с жестким покрытием, наблюдается экономия эксплуатационных затрат на содержание и ремонт проезжей части. Суммарные дисконтированные затраты жесткой конструкции ниже традиционной асфальтобетонной конструкции от 2 до 13 %, в зависимости от технической категории дороги. С ростом интенсивности движения автотранспорта и осевых нагрузок эффективность дорожных одежд с цементобетонным покрытием повышается.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кулижников А. М. Нововведения в методике технико-экономического сравнения вариантов дорожных одежд // Транспорт Российской Федерации: портал для специалистов транспортной отрасли. URL: <http://www.rostransport.com/themes/7064/>.
2. Корочкин А. В. Исследование режимов транспортного потока // Наука и техника в дорожной отрасли. 2007. Вып. № 3. С. 11—13.
3. Конорев А. С. Анализ характеристик транспортного потока для совершенствования методики учета нагрузок от транспортных средств при расчете дорожных конструкций // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2011. Вып. 22(41). С. 26—32.
4. Кузнецов В. Н., Алексиков С. В. Экономическое обоснование проектных решений при строительстве, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог. Волгоград: ВолгГАСУ, 1999. 100 с.
5. Авсеенко А. А., Кикава Н. П. Экономическое обоснование решений при проектировании автомобильных дорог. Методические рекомендации МАДИ. М., 2011. 59 с.

© Алексиков С. В., Алексиков И. С., Карпушко М. О., Беликов Г. И., 2015

Поступила в редакцию
в сентябре 2015 г.

Ссылка для цитирования:

Оценка эффективности строительства дорожных цементобетонных покрытий в условиях юга России / С. В. Алексиков, И. С. Алексиков, М. О. Карпушко, Г. И. Беликов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 139—147.

Об авторах:

Алексиков Сергей Васильевич — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, AL34rus@mail.ru

Алексиков Илья Сергеевич — канд. техн. наук, ассистент кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Карпушко Марина Олеговна — старший преподаватель кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, maripusik2004@mail.ru

Беликов Георгий Иванович — д-р техн. наук, доц. кафедры сопротивления материалов, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

S. V. Aleksikov, I. S. Aleksikov, M. O. Karpushko, G. I. Belikov

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF CONCRETE ROAD CONSTRUCTION IN THE SOUTHERN AREAS OF RUSSIA

In today's tough operating conditions of the road network, especially in hot climate of the South of Russia, the traditional asphalt concrete coating is not able to maintain regulatory performance (strength and evenness). In connection with the prospect of the development of the road network in the South of Russia technical and economic evaluation of the effectiveness of road pavements with cement concrete (hard) coatings for the federal, state and regional roads is made.

Key words: cement concrete pavement, asphalt concrete coating, pavement, traffic, traffic flow, economic efficiency, cost of maintenance and repair of non-rigid coatings.

REFERENCES

1. Kulizhnikov A. M. [Innovations in the methodology of technical and economic comparison of versions of road pavement]. *Transport Rossiiskoi Federatsii: portal dlya spetsialistov transportnoi otrasli* [Transport of the Russian Federation: portal for specialists of transport branch]. URL: <http://www.rostransport.com/themes/7064/>.

2. Korochkin A. V. [Research into Fundamentals Characteristics of Traffic Flows]. *Nauka i tekhnika v dorozhnoi otrasli* [Science and Engineering for Highways], 2007. no. 3, pp. 11—13.

3. Konorev A. S. [Signature analysis of the traffic stream to improve the accounting treatment of traffic loads in arriving at the road constructions]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2011, no. 22(41), pp. 26—32.

4. Kuznetsov V. N., Aleksikov S. V. *Ekonomicheskoe obosnovanie proektnykh reshenii pri stroitel'stve, rekonstruktsii i ekspluatatsii avtomobil'nykh dorog* [Economic grounding for design decisions at construction, reconstruction and operation of highways]. Volgograd, VSUACE Publ., 1999. 100 p.

5. Avseenko A. A., Kikava N. P. *Ekonomicheskoe obosnovanie reshenii pri proektirovanii avtomobil'nykh dorog. Metodicheskie rekomendatsii MADI* [Economic grounding for solutions at design of highways. Methodological recommendations of MARU]. Moscow, 2011. 59 p.

For citation:

Aleksikov S. V., Aleksikov I. S., Karpushko M. O., Belikov G. I. [Evaluation of the effectiveness of concrete road construction in the southern areas of Russia]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 139—147.

About authors:

Aleksikov Sergei Vasil'evich — Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, AL34rus@mail.ru

Aleksikov Il'ya Sergeevich — Candidate of Engineering Science, Assistant of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

Karpushko Marina Olegovna — Senior Lecturer of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

Belikov Georgii Ivanovich — Doctor of Engineering Science, Docent of Resistance of Materials Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 625.711.1:656.125

С. В. Алексиков, С. А. Лищинский

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

ОБОСНОВАНИЕ ШИРИНЫ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ДОРОГ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО НИМ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Рассмотрена необходимость уширения проезжей части на прямых участках территориальных дорог с учетом движения по ним большегрузных автомобилей. Представлены результаты исследований зазоров безопасности, скоростей и режимов движения транспортных средств.

Ключевые слова: ширина проезжей части, территориальные автомобильные дороги, скорость транспортных средств, зазоры безопасности.

В условиях формирования новых межрегиональных и международных транспортных связей на территориальных автомобильных дорогах все больше появляются транспортные средства, динамические габариты которых превышают габариты расчетных автомобилей, под которые была построена в 60—90-е гг. прошлого столетия местная дорожная сеть. Поэтому в настоящее время важным вопросом является приспособление территориальных дорог для движения крупногабаритных автомобилей. В данной статье обосновывается такой важный параметр, как ширина проезжей части.

Недостаточная ширина проезжей части является одной из причин снижения безопасности движения и скорости автомобилей. Исследования [1—3] позволяют сделать вывод о количественных оценках снижения числа ДТП при увеличении ширины проезжей части на двухполосных дорогах (табл. 1).

Таблица 1

Снижение показателя риска ДТП при увеличении ширины проезжей части

Увеличение ширины проезжей части	Снижение показателя риска ДТП, %	
	Участки дорог вне населенных пунктов	Участки дорог в населенных пунктах
С 6 до 7,5 м	–30,0	–52,5
С 7 до 7,5 м	–5,4	–6,7

Обоснованием ширины проезжей части в различное время занимались такие ученые, как В. Ф. Бабков, М. С. Замахаев, Н. Ф. Хорошилов, Д. П. Великанов, В. Н. Иванов и др. [4—9]. В результате предложена формула обоснования ширины полосы движения в зависимости от ширины кузова расчетного автомобиля a , м, ширины колеи c , м, зазора безопасности между кузовами встречных автомобилей x , м, расстояния от внешней грани следа колеса до кромки проезжей части y , м (рис. 1).

Ширина проезжей части (2П) вычисляется по формуле:

$$2П = (a + c) + 2 + 0,02V,$$

где V — скорость движения автомобиля, км/ч.

В дальнейшем указанная формула представлена в виде:

$$2\Pi = a + c + 2y + x.$$

Значения зазоров x и y предложено определять по формулам:

$$x = 0,3 + 0,1\sqrt{V_1 + V_2},$$

$$y = \sqrt{0,1 + 0,0075V}.$$

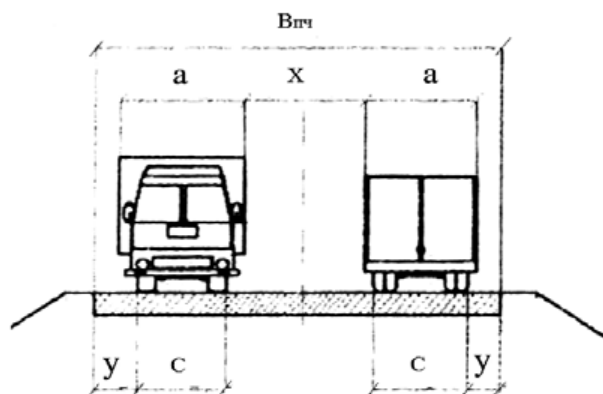


Рис. 1. Схема для расчета ширины проезжей части

Приведенные формулы предполагают условия движения по проезжей части, сопрягающейся в одном уровне с краевыми полосами или прочными обочинами. Расстояние y гарантирует безопасность транспортного средства в случае заносов, риск которых возрастает с увеличением скорости при съезде колеса на обочину, а зазор x зависит, помимо скорости, и от психологических особенностей водителя, в особенности при обгонах или встречном движении [8, 10]. Расчеты предлагается вести для двух случаев движения: как для легковых автомобилей, имеющих относительно небольшую ширину кузова, но движущихся с высокой скоростью, так и для грузовых автомобилей с широким кузовом, но движущихся с меньшими скоростями. В качестве расчетной рекомендуется принимать наибольшую ширину полосы из полученных.

Расстояния x и y зависят от индивидуальных особенностей водителей, их значения носят вероятностный характер и в современных условиях требуют уточнения. С этой целью в 2014 г. проведены экспериментальные исследования на двухполосных дорогах Волгоград — Краснослободск — Средняя Ахтуба с шириной проезжей части 7 м и Иловля — Ольховка — Камышин с шириной проезжей части 6,6 м. Установлено, что при свободном движении автомобили проезжают ближе к оси, а иногда и вовсе заезжают на встречную полосу движения (рис. 2), что вызвано недостаточной шириной проезжей части. Наибольшее число проездов правым колесом приходится на расстоянии от кромки 1,0...1,3 м. Обратная картина наблюдается при обгонах и встречном движении. В таких случаях, во избежание риска столкновения, водители снижают скорость и смещают автомобиль ближе к кромке проезжей части (рис. 3).



Рис. 2. Движение легкового автомобиля при свободном движении на участке автомобильной дороги Волгоград — Краснослободск — Средняя Ахтуба



Рис. 3. Движение автомобилей при встречном движении на участке автомобильной дороги Волгоград — Краснослободск — Средняя Ахтуба

При обосновании ширины проезжей части важно знать габариты транспортных средств в составе потока. Учет движения на дороге Волгоград — Краснослободск — Средняя Ахтуба показал, что легковых автомобилей 80 %, малотоннажных грузовых — 7,8 %, крупнотоннажных грузовых — 9,4 %, автобусов — 2,8 %. Характеристики большегрузных автомобилей, проезжающих по местным дорогам, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Транспортные характеристики большегрузных автомобилей

Марка и модель автомобиля	Габариты (длина-ширина-высота), мм	Грузоподъемность, кг
Бортовые		
МАЗ-6317	9405-2550-3350	11000
МАЗ57371	7100-2500-3300	10700
КрАЗ-6322	8980-2720-3350	10200
КамАЗ 5315	8560-2500-3740	8220
Hyundai HD 120	7670-2400-2505	7200
Mercedes-benz Atego 1523	6644-2500-2680	10140
Автосамосвалы		
КамАЗ 55118	7140-2500- 2700	10000
КамАЗ-6520	7795- 2500-3005	21000
КрАЗ 7133С4	9700-2500-2900	22000
МАЗ-5516	8060-2500-2800	16500
Седельные тягачи (полная масса буксируемого полуприцепа)		
КамАЗ-5410	6140-2680-3500	14900
КамАЗ-5415	6155-2500-3110	20100
КамАЗ-5490	6080-2500-3965	18600
МАЗ-54323	5980-2500-3650	30900
МАЗ-5440	6000-2500-3200	36500
ЗИЛ 442100	5890-2490-2700	12000
УРАЛ-44202-41	7490-2500-2740	19100
Iveco stralis - AS 440 S 43	6256-2550-2990	19700
MAN TGX	5875-2500-3767	18000
DAF XF 105 12.9 MT	8620-2490-3700	12900
Volvo FH16 16.0	5865-2467-3200	16000

Окончание табл. 2

Марка и модель автомобиля	Габариты (длина-ширина-высота), мм	Грузоподъемность, кг
Специализированные		
Топливозаправщик. Полуприцеп-цистерна Бецема БЦМ-14	11500-2500-3800	34000
Строммашина ППЦ-15-99858	7200-2500-3300	18500
Автобетоносмеситель Scania P400 CB6x4ESZ	5735-2490-3174	21000
Автобус MAN Lion's Coach 12.0	13800-2550-3812	18000
Автобус Man Lion Star L	12000-2500-3685	13000
Автобус «Волжанин 52702»	11800-2500-3040	17000
Автобус «Волжанин Ситиритм»	14685-2550-2970	23800

Наблюдения за скоростью автомобилей подтвердили нормальность ее распределения для различных типов автомобилей (рис. 4—6).

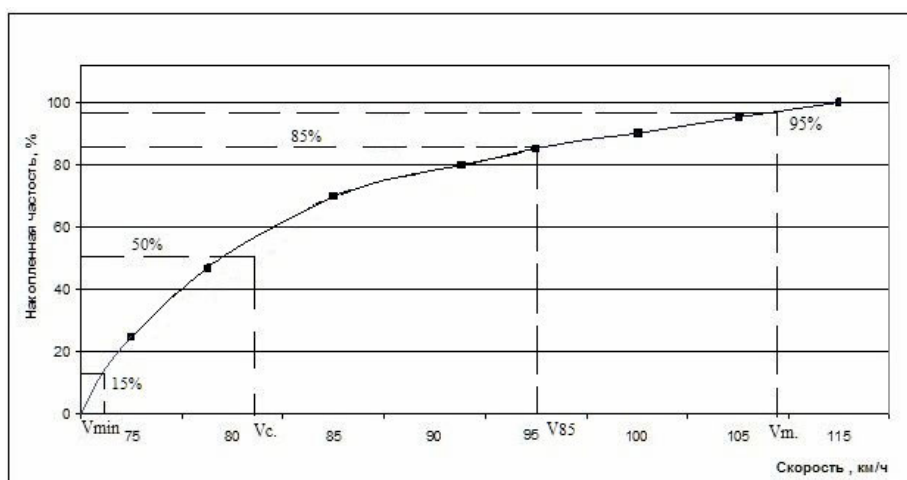


Рис. 4. Кумулятивная кривая скоростей легковых автомобилей

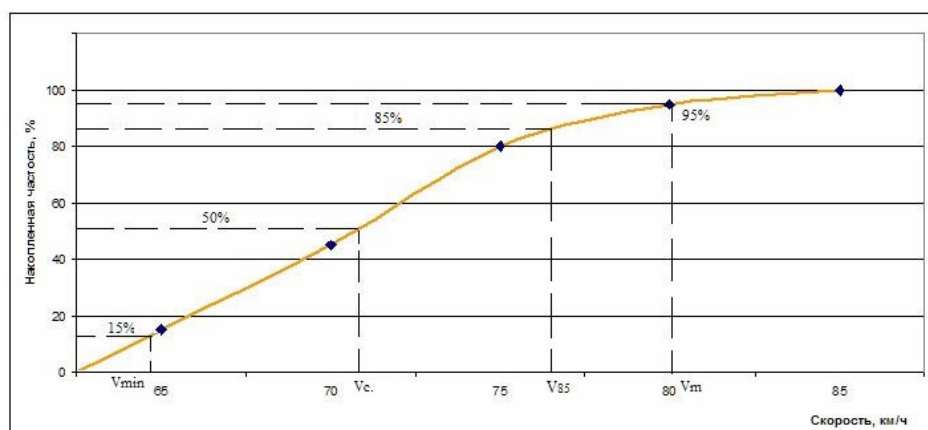


Рис. 5. Кумулятивная кривая скоростей грузовых автомобилей грузоподъемностью до 5 т

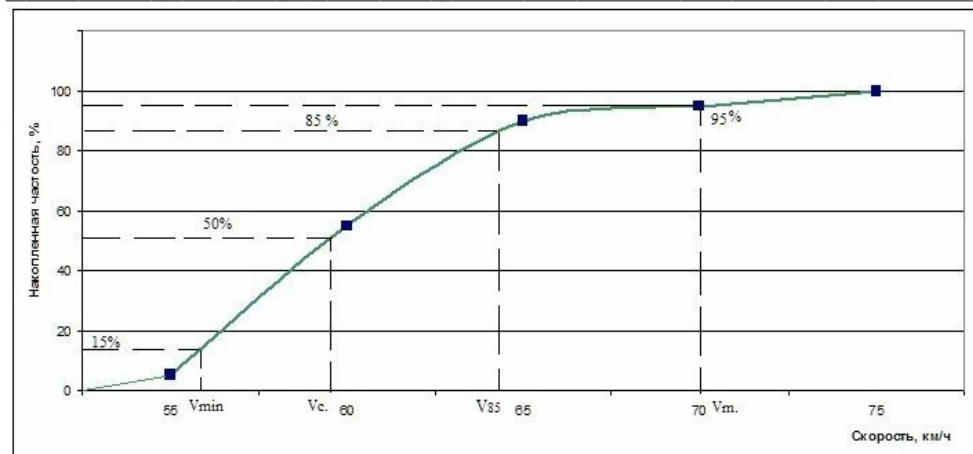


Рис. 6. Кумулятивная кривая скоростей грузовых автомобилей грузоподъемностью свыше 5 т

На основании статистической обработки данных получены наименьшие, средние и наибольшие скорости транспортных средств (табл. 3).

Таблица 3

Скорости движения различных типов автомобилей

Тип транспортного средства	Скорость движения, км/ч		
	V_{min}	V_{cp}	V_{max}
Легковой автомобиль	71	85,1	114
Грузовой автомобиль грузоподъемностью до 5 т	64	71,1	82
Грузовой автомобиль грузоподъемностью свыше 5 т	54	60,8	71

Расчетная скорость 15%-й обеспеченности указывает на скорость наиболее медленных автомобилей, которые являются причиной формирования длинных транспортных колонн. Это вынуждает водителей быстроходных транспортных средств совершать обгоны с выездом на встречную полосу движения, что является причиной возникновения ДТП. Вероятность обгона возрастает при увеличении разницы в скорости 50 % и 15%-й обеспеченности. Скорость 85%-й обеспеченности является расчетной при обосновании мероприятий по безопасности движения. Значения 95%-й обеспеченности представляют максимальные скорости автомобилей [11—13]. По данным наблюдений выявлено, что чем больше габариты проходящих автомобилей, тем ниже их скорость. В случае встречного движения с большегрузными транспортными средствами более легкие автомобили снижают скорость в большей степени и смещаются к краю проезжей части для предотвращения риска столкновения.

Обработка данных наблюдений при свободном и встречном движении транспортных средств позволила выявить нормальность распределения расстояния от внешней грани следа колеса до кромки проезжей части u , м.

В случае свободного движения расчетное значение $\chi^2 = 5,93$ меньше критического табличного значения $\chi^2_{\text{крит}} = 9,5$ (число степеней свободы $r = 4$, уровень значимости $q = 0,05$), в случае встречного движения расчетное значение $\chi^2 = 11,05$, меньше $\chi^2_{\text{крит}} = 11,1$ ($r = 5$, $q = 0,05$) (рис. 7, 8).

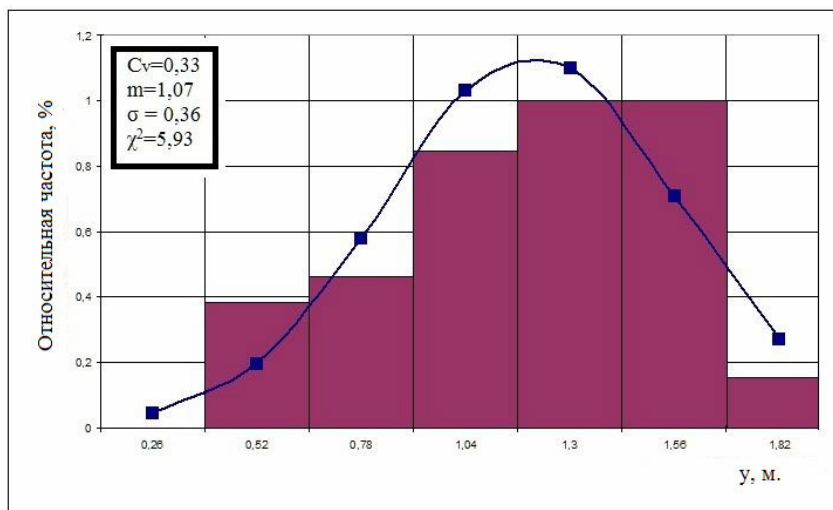


Рис. 7. Распределение расстояния от внешней грани следа колеса до кромки проезжей части при свободном движении транспортных средств

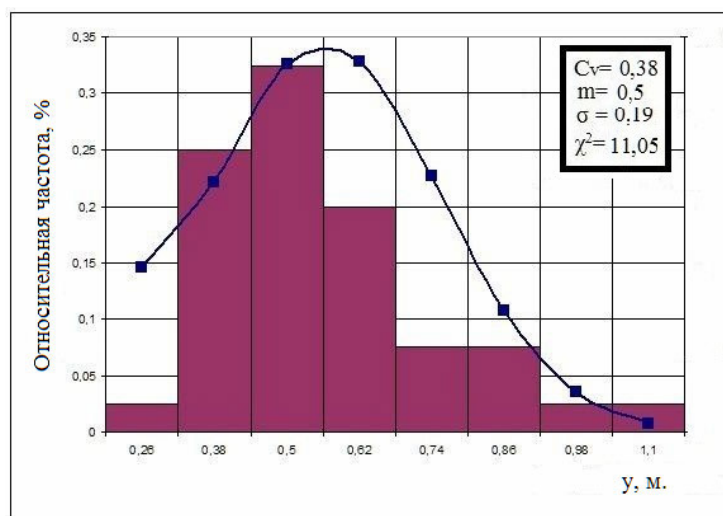


Рис. 8. Распределение расстояния от внешней грани следа колеса до кромки проезжей части при встречном движении транспортных средств

В связи с нормальностью распределения зазор безопасности рекомендуется рассчитывать с требуемым уровнем надежности:

$$y_p = y_{cp} + t\sigma.$$

Величина безопасного коридора движения при встречном движении зависит от скорости транспортных средств (рис. 9). Из-за динамических характеристик большегрузного транспорта зачастую ширина проезжей части оказывается недостаточной для безопасного разезда таких автомобилей. Водителям приходится снижать скорость, прижиматься к краю проезжей части.

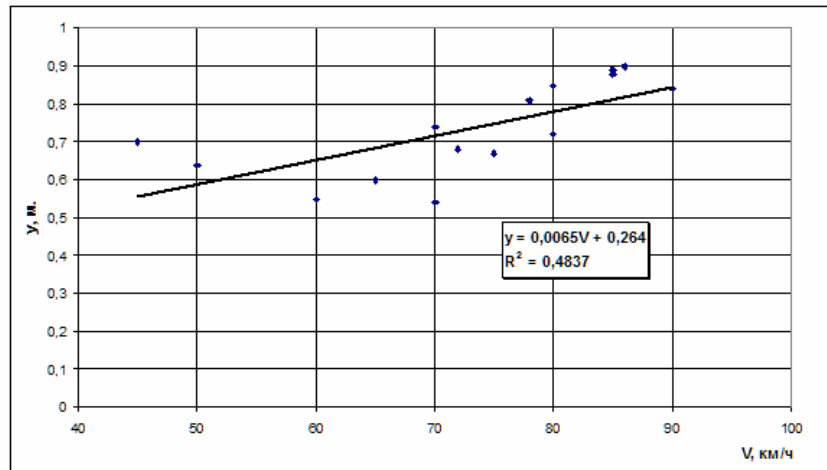


Рис. 9. Зависимость расстояния от внешней грани следа колеса до кромки проезжей части от скорости движения

Зависимость расстояния от внешней грани следа колеса до кромки проезжей части от скорости автомобиля при встречном движении имеет вид:

$$y = 0,0065V + 0,264.$$

Зазор безопасности x между встречными автомобилями зависит от суммарной скорости обоих транспортных средств (рис. 10).

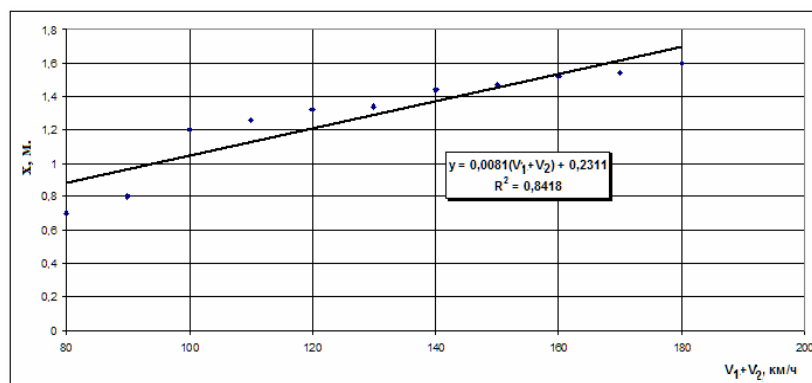


Рис. 10. Зависимость зазора безопасности x от скорости движения встречных автомобилей

Зависимость зазора безопасности x при встречном движении имеет вид:

$$x = 0,0081(V_1 + V_2) + 0,2311.$$

Согласно СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги», проектирование ширины проезжей части выполняется для расчетного автомобиля, единого для всех категорий дорог. За расчетное транспортное средство принимается транспортное средство в составе транспортного потока, имеющее наибольшие размеры и габариты, наибольший минимальный радиус поворота из большинства машин этого класса (группы). Для местной дорожной сети к рекомендуемым типам расчетного транспортного средства относят легковой, грузовой автомобиль или автопоезд с полуприцепом¹.

Выполненные исследования позволили рассчитать минимальную ширину проезжей части для четырех расчетных схем движения автомобилей. Как показали расчеты, наиболее опасная ситуация возникает при встречном движении двух седельных тягачей КамАЗ 5490 (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Ширина проезжей части при различных схемах встречного движения

Схема движения	Ширина кузова и колея, м	Ширина проезжей части, м
Встречное движение легкового и легкового автомобиля	$a = 1,8$ $c = 1,6$	6,4
Встречное движение легкового и грузового автомобиля ($G \leq 8$ т)	$a = 2,5$ $c = 1,8$	6,9
Встречное движение легкового и грузового автомобиля ($G \geq 8$ т)	$a = 2,5$ $c = 2,0$	7,0
Встречное движение двух грузовых автомобилей ($G \geq 8$ т)	$a = 2,5$ $c = 2,0$	7,6

Минимальная ширина проезжей части, которая обеспечивает безопасный разезд крупногабаритных транспортных средств, составляет 7,6 м, что превышает существующую ширину проезжей части на 1 м. Это необходимо учитывать при капитальном ремонте дороги.

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. В связи с появлением в составе транспортных потоков на территориальной дорожной сети большегрузных крупногабаритных автомобилей назрела необходимость в увеличении ширины проезжей части.

2. При обосновании минимальной ширины проезжей части автомобильной дороги IV категории рекомендуется использовать расчетную схему встречного движения двух большегрузных транспортных средств (седельных тягачей типа КамАЗ 5490). Расчеты показали, что минимальная ширина проезжей части для безопасного разезда большегрузных автомобилей должна быть увеличена до 15 %.

3. Выполненные исследования рекомендуется использовать при капитальном ремонте территориальных дорог IV категории в случае их использования для проезда крупногабаритных большегрузных автомобилей.

¹ СП 34.13330.2012. Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*(утв. Приказом Минрегиона России от 30.06.2012 № 266).

Проект Свода правил по проектированию геометрических элементов автомобильных дорог и транспортных пересечений. М., 2011.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник по безопасности дорожного движения. Справочное пособие. М.: Росавтодор, 2010. 384 с.
2. Чванов В. В. Исследования влияния параметров поперечного профиля автомобильных дорог на безопасность движения // Дороги и мосты: сб. статей / ФГУП РосдорНИИ. М., 2006. Вып. 15/2. С. 238—251.
3. Рунэ Эльвик, Аннэ Боргер Мюсен, Трулс Ваа. Справочник по безопасности дорожного движения / пер. с норв. под ред. В. В. Сильянова. М.: МАДИ (ГТУ), 2001. 754 с.
4. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения. М.: Транспорт, 1993. 271 с.
5. Замахаев М. С. Установление ширины проезжей части автомобильных дорог // Труды МАДИ. Вып. 15. М.: Дориздат, 1953. С. 69—85.
6. Бабков В. Ф., Афанасьев М. Б., Васильев А. П. Дорожные условия и режимы движения автомобилей. М.: Транспорт, 1967. 227 с.
7. Бируля А. К. Проектирование автомобильных дорог. М.: Автотрансиздат, 1961. 500 с.
8. Бабков В. Ф. Автомобильные дороги. М.: Транспорт, 1983. 280 с.
9. Иванов В. Н. Влияние ширины проезжей части автомобильных дорог на безопасность и режимы движения транспортных средств (Назначение ширины проезжей части автомобильных дорог). М.: Высшая школа, 1972. 415 с.
10. Федотов Г. А., Поспелов П. И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог: Учебник. Кн. 1. М.: Высшая школа, 2009. 646 с.
11. Сильянов В. В., Домке Э. Р. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц. 2-е изд., стер. М.: Академия, 2008. 352 с.
12. Справочная энциклопедия дорожника. Т. 4. Дорожная наука / А. А. Надежко (ред). М.: Информавтодор, 2006. 393 с.
13. Бабков В. Ф., Андреев О. В. Проектирование автомобильных дорог. Ч. 1. М.: Транспорт, 1987. 368 с.

© Алексиков С. В., Лищинский С. А., 2015

Поступила в редакцию
в мае 2015 г.

Ссылка для цитирования:

Алексиков С. В., Лищинский С. А. Обоснование ширины проезжей части территориальных дорог при движении по ним большегрузных автомобилей // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 148—157.

Об авторах:

Алексиков Сергей Васильевич — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, AL34rus@mail.ru

Лищинский Сергей Анатольевич — аспирант кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолГАСУ). 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, sergeyirbis@mail.ru

S. V. Aleksikov, S. A. Lishchinskii

**GROUNDING OF THE WIDTH OF THE CARRIAGEWAY OF THE TERRITORIAL ROADS
TAKING INTO ACCOUNT HEAVY VEHICLES**

The article shows the necessity of widening of the carriageway on straight parts of territorial roads, taking into account the movement of heavy vehicles. The results of the research of security clearance, speed and mode of movement of vehicles are provided.

Key words: width of the roadway, territorial roads, speed of a vehicle, security clearance.

REFERENCES

1. *Spravochnik po bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya. Spravochnoe posobie* [Reference book on road traffic safety. Reference book]. Moscow, Rosavtodor Publ., 2010. 384 p.
2. Chvanov V. V. [Investigations of the influence of parameters of cross section of highways on traffic safety]. *Dorogi i mosty: Sb. statei* [Roads and Bridges: Proc.]. Moscow, 2006, iss. 15/2, pp. 238—251.
3. Rune El'vik, Anne Borger Myusen, Truls Vaa. *Spravochnik po bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya* [Reference book on road traffic safety]. Moscow, MARU (STU) Publ., 2001. 754 p.
4. Babkov V. F. *Dorozhnye usloviya i bezopasnost' dvizheniya* [Road conditions and traffic safety]. Moscow, Transport Publ., 1993. 271 p.
5. Zamakhaev M. S. [Determination of surfa width of the carriageway of highways]. *Trudy MADI* [Proc. MADI]. Vyp. 15. M., Dorizdat Publ., 1953. Pp. 69—85.
6. Babkov V. F., Afana'sev M. B., Vasil'ev A. P. *Dorozhnye usloviya i rezhimy dvizheniya avtomobilei* [Road conditions and traffic modes]. Moscow, Transport Publ., 1967. 227 p.
7. Birulya A. K. *Proektirovanie avtomobil'nykh dorog* [Design of highways]. Moscow, Avto-transizdat Publ., 1961. 500 p.
8. Babkov V. F. *Avtomobil'nye dorogi* [Highways]. Moscow, Transport Publ., 1983. 280 p.
9. Ivanov V. N. *Vliyaniye shiriny proezzhei chasti avtomobil'nykh dorog na bezopasnost' i rezhim dvizheniya transportnykh sredstv* [Influence of the roadway width on safety and mode of motion of vehicles]. Moscow, Vysshaya Shkola publ., 1972. 415 p.
10. Fedotov G. A., Pospelov P. I. *Izyskaniya i proektirovanie avtomobil'nykh dorog: Uchebnik. Kn. 1* [Investigations and design of highways. Textbook. Book 1]. Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 2009. 646 p.
11. Sil'yanov V. V., Domke E. R. *Transportno-ekspluatatsionnye kachestva avtomobil'nykh dorog i gorodskikh ulits. 2-e izd.* [Transport and operational qualities of highways and city streets. 2nd ed.] Moscow, Akademiya Publ., 2008. 352 p.
12. Nadezhko A. A. (ed.). *Spravochnaya entsiklopediya dorozhnika. T. 4. Dorozhnaya nauka* [Reference road builder's encyclopedia. Vol. 4. Road science]. Moscow, Informavtodor Publ., 2006. 393 p.
13. Babkov V. F., Andreev O. V. *Proektirovanie avtomobil'nykh dorog. Ch. 1* [Design of highways. Pt. 1]. Moscow, Transport Publ., 1987. 368 p.

For citation:

Aleksikov S. V., Lishchinskii S. A. [Grounding of the width of the carriageway of the territorial roads taking into account heavy vehicles]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 148—157.

About authors:

Aleksikov Sergei Vasil'evich — Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, AL34rus@mail.ru

Lishchinskii Sergei Anatol'evich — Postgraduate student of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, sergeyirbis@mail.ru

УДК 656(470.45)

Н. В. Коростелева

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОБЛЕМ ВОЛГОГРАДА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Решение проблем развития транспортной инфраструктуры — одна из приоритетных задач, определяющих возможность активизации экономических, культурных связей городов и улучшение качества жизни населения. В данной статье был проведен анализ основных проблем транспортной системы Волгограда, рассмотрены возможные меры, позволяющие улучшить состояние транспортной инфраструктуры и снизить негативное влияние транспорта на окружающую среду города.

К л ю ч е в ы е с л о в а: транспортная система, пропускная способность улиц, парковки, загрязнение окружающей среды.

Решение транспортных проблем крупных городов России стало одной из приоритетных задач современности. Несмотря на наличие многих талантливых теоретических разработок отечественных ученых, на практике приходится признать несовершенство транспортных систем российских городов, не способных обеспечить их основные целевые показатели — полное, своевременное и качественное удовлетворение спроса населения и потребностей производства в транспортных услугах. В связи с этим становится чрезвычайно актуальным на основе определяющих этот процесс факторов грамотно и полно использовать потенциал транспортных систем городов и способствовать его постоянному развитию и повышению эффективности функционирования.

Транспортные системы городов являются их важнейшей инфраструктурой и представляют собой совокупность линейных, узловых и сопутствующих им объектов социального и технического назначения, обеспечивающих надежное функционирование пассажирского и грузового транспорта, пешеходные передвижения жителей. При этом обязательным является повышение эффективности работы транспортных систем, безопасности, удобства и доступности перевозок пассажиров, прежде всего в части общественно приемлемых затрат времени на передвижения.

За последние 10—15 лет в результате многократного повышения уровня насыщения городов легковыми автомобилями возникла транспортная проблема с пропуском концентрированных автомобильных потоков и с недостатком мест для временного хранения автомобилей. Наиболее напряженная обстановка, сопровождаемая часовыми заторами, сложилась в крупнейших городах при въезде в центральный район в утренний период и выезде из него в вечернее время.

Для Волгограда данная проблема наиболее актуальна в связи с планировочными особенностями города. Так как город имеет вытянутую линейную структуру, то весь транспорт, движущийся с одного конца города в другой, обязательно проходит через центральную часть. Что касается проблемы недостатка мест для хранения автомобилей, то она также наблюдается в центральных районах города в будние дни в связи с высокой концентрацией на данной территории объектов административного и делового назначения.

В целом это усложняет транспортную ситуацию в городе и требует всестороннего совершенствования транспортных систем, их модернизации.

Значительное увеличение количества легковых автомобилей сопровождается растущей и высокой интенсивностью их использования. Автомобили теперь используются круглогодично, еженедельно, ежедневно, увеличиваются их пробеги. Как следствие, возникают проблемы организации постоянного и временного хранения легкового автотранспорта. Эффективная эксплуатация индивидуального автомобильного транспорта во многом зависит не только от организации его движения и качества технического обслуживания, но и от условий хранения. Так, в Волгограде уровень автомобилизации (согласно исследованиям аналитического центра «АльфаСтрахование») составляет 232 автомобиля на тысячу человек. За период с 2000 до 2010 гг. этот показатель увеличился на 45 %¹. По прогнозам специалистов, через 20 лет уровень автомобилизации может удвоиться.

Каждый индивидуальный легковой автомобиль в среднем ежедневно находится в движении не более 1...3 ч (около 400...1000 ч в год), а на стоянках — от 21 до 23 ч в сутки. Эти обстоятельства недооцениваются в градостроительном проектировании.

На сегодняшний день организация временного хранения автомобилей в Волгограде находится в неудовлетворительном состоянии: стоянки автомобилей у объектов различного функционального назначения отсутствуют или их количество не соответствует потребности. Автомобили занимают крайние полосы проезжих частей, озелененные территории. В комитете по градостроительству и архитектуре не имеется структуры, которая бы занималась учетом мест хранения индивидуальных автомобилей.

Растущий парк автомобилей переместился во дворы, на газоны и детские площадки, ухудшив экологические показатели и эстетический облик жилой среды, создав угрозу безопасности движения и ухудшив условия движения транспорта.

Помимо наличия места хранения, для автовладельца важны его территориальная доступность и стоимость. Расположение места хранения автомобиля вне зоны пешеходной доступности от места проживания ограничивает возможность его регулярного использования и вынуждает владельца оставлять автомобиль на внутриквартальных проездах и участках магистральной сети.

По действующим нормативам необходимо предусматривать постоянное хранение не менее 90 % индивидуальных автомобилей в пределах пешеходной доступности, составляющей не более 800 м, а в районах реконструкции — не более 1500 м².

¹ Аналитический центр «АльфаСтрахование»: Обеспеченность россиян автомобилями за год увеличилась на 3,2 % (2013). URL: http://www.alfastrah.ru/news/index.php?ELEMENT_ID=721580 (Дата обращения 2 октября 2014 г.).

² Министерство Регионального развития РФ: Техническое регулирование в строительной отрасли: Утвержденные документы: Своды правил и Национальные стандарты // minregion.ru: официальный сайт Министерства Регионального развития РФ. URL: <http://www.minregion.ru/upload/documents/2011/05/300511-s-15.pdf>. (Дата обращения 2 октября 2014 г.).

Анализ схемы дислокации и доступности основных мест хранения автотранспорта в городе показывает, что вне пределов пешеходной доступности находятся значительные участки жилой застройки, которые характеризуются высокой плотностью населения.

Проводить реконструкцию транспортной системы в жилых территориях не всегда представляется возможным, поскольку во дворах и на магистральных улицах далеко не всегда есть резервные площади, позволяющие расширить проезды.

Таким образом, к основным факторам, сдерживающим развитие системы постоянного хранения автотранспорта, относятся:

отсутствие необходимого резерва территории для размещения автостоянок и гаражей. По требованиям действующего СП в пределах городской застройки следует предусматривать открытые стоянки для одновременного размещения не менее чем 70 % расчетного парка легковых автомобилей. То есть для формирования системы автомобильных стоянок и гаражей в уже сложившейся капитальной застройке необходимы территории, не только соответствующие суммарной площади проезжих частей всех имеющихся магистральных улиц и дорог современных крупнейших городов, но и нередко превосходящие их площади не менее чем в два-три раза. Так, при современном уровне автомобилизации общая площадь открытых парковок в Волгограде должна составлять порядка 230 га;

отсутствие эффективных экономических и правовых механизмов поддержки развития системы постоянного хранения автотранспорта.

Решение проблемы дефицита территорий для организации постоянного и временного хранения автомобилей, особенно в центральных районах, где активно ведется уплотнительное строительство, видится в развитии подземных и наземных многоэтажных гаражей и паркингов. К тому же для размещения припаркованного автотранспорта на поверхности земли необходимо в 16 раз больше территории, чем при организованном компактном хранении. Такие парковки имеют еще ряд преимуществ над открытыми стоянками:

автомобили защищены от неблагоприятных воздействий окружающей среды (дождь, снег и т. п.);

при многоэтажном строительстве территория, занимаемая зданием, сравнительно меньше.

Если сравнивать подземные и наземные паркинги, то у подземных, помимо недостатков (более высоких затрат на строительство), есть и преимущества. Особо важен энергетический аспект: дело в том, что температура воздуха под землей круглый год остается постоянной и может составлять 8...13 °С (в зависимости от породы), что позволяет существенно уменьшить потребление энергии. Разумеется, для реализации этого преимущества необходима хорошая теплоизоляция сооружения.

Конечно, строительство наземной парковки обходится гораздо дешевле (в полтора-два раза), чем подземной. Однако размещение паркинга под землей может оказаться выгоднее: в этом случае застройщик получает возможность максимально использовать площади под основную застройку — офисную, торговую, жилую, — доходность которой гораздо выше. Поэтому подземная парковка обычно бывает оптимальным вариантом при строительстве в центре города.

Если рассматривать Волгоград, то для строительства подземных парковок существует несколько мест, наиболее полно отвечающих требованиям,

предъявляемым к местам временного хранения автомобилей в центральной части города, а именно пешеходная доступность практически до большей части объектов административного и делового назначения. Так, при реконструкции Привокзальной площади предлагается строительство подземной парковки на 200 мест, что позволит освободить наземную часть от существующей парковки и создать благоустроенную пешеходную зону.

Еще одним местом для хранения автомобилей в центре города может стать подземная часть площади Павших Борцов.

Что касается других территорий, то есть существенные ограничения возможностей подземного строительства в центре Волгограда: здесь проходит линия скоростного трамвая, а прибрежная территория относится к оползневой зоне, поэтому наиболее оптимальным является строительство многоэтажных наземных гаражей и «двойное» использование существующих паркингов при общественных зданиях: днем паркинг используется посетителями обслуживаемого объекта, а ночью — как место хранения автотранспорта жителей прилегающих кварталов.

Если рассматривать проблему парковок для жителей других районов, то здесь наиболее целесообразно использование подземного пространства дворовой территории для строительства гаражей или паркингов с эксплуатируемой кровлей. В зависимости от планов застройщика и потребности локальной городской среды на эксплуатируемой кровле гаража или паркинга могут быть организованы гостевые автостоянки, площадки для спортивных игр и отдыха, озелененные участки, детские игровые площадки. Такой подход решит сразу ряд проблем: создаст места для хранения автомобилей и места для отдыха жителей данной жилой группы, улучшит экологическую ситуацию. Во вновь строящихся жилых микрорайонах необходимо предусматривать подземные парковки в каждом доме. Однако следует помнить о том, что размещать все машино-места под домом экономически обоснованно только при застройке до 6 этажей, поскольку первые два подземных этажа имеют одну стоимость, а последующие уже в несколько раз выше. Поэтому в домах до 12 этажей при двухэтажной планировке гаража часть парковки можно разместить под придомовой территорией, в этом случае площадь гаража в плане будет в два раза превышать площадь дома.

Таким образом, можно сделать вывод, что для решения проблемы постоянного и временного хранения автомобилей необходимо для экономии территорий создавать различные виды парковок, как многоуровневые наземные, так и подземные паркинги.

Но, к сожалению, количество автомобилей с каждым годом будет только увеличиваться, и даже эти рекомендации рано или поздно исчерпают свой ресурс. Поэтому наиболее радикальным способом борьбы с увеличением спроса на парковочные места в центральной части города может стать сокращение числа людей, использующих личный транспорт для поездок в центр, за счет повышения роли общественного транспорта. Для этого необходимо:

во-первых, развивать общественный транспорт (обновлять существующий автопарк, оптимизировать маршруты и рационально размещать остановки);

во-вторых, создавать бесплатные «перехватывающие» парковки на подъезде к центру с привязкой их к остановкам общественного транспорта. Расстояние от «перехватывающих» стоянок до мест посадки на общественный транспорт не должно превышать 150 м.

Данные мероприятия позволят решить не только вопрос нехватки парковочных мест в центре города, но и проблему пропускной способности основных городских магистралей, которая на сегодняшний день является весьма актуальной, и не только для центральной части города.

Ни для кого не секрет, что основные магистрали Волгограда работают на пределе пропускной способности, пересечения, мосты и путепроводы магистральных дорог имеют недостаточную пропускную способность, отсутствуют поперечные связи и дублеры основных магистралей (1 и 2-я Продольные). Это значит, что избавиться от «пробок» на дорогах можно, решая транспортные проблемы в городе в комплексе.

Так как большинство транспортных магистралей не имеют территориальных возможностей для расширения проезжих частей, то для сокращения заторов на них возможны несколько вариантов:

во-первых, строительство дополнительных транспортных магистралей для разгрузки существующих, как, например, строительство Нулевой продольной и продолжение Третьей Продольной магистрали, что позволит разгрузить уже существующие Первую и Вторую магистрали;

во-вторых, развивать специальные виды общественного транспорта, для движения которых не требуется использование проезжих частей городских магистралей. Такими видами могут стать железнодорожный и речной (в период навигации) транспорт. Они позволят увеличить провозную способность общественного транспорта города и сократить время в пути.

Еще одним немаловажным элементом транспортной проблемы крупных городов является экологическая составляющая. Автомобильный транспорт вносит 40...60 % в загрязнение воздушного бассейна. Вредные выбросы оказывают негативное влияние на здоровье человека, состояние почвы, растений, животных, что, в свою очередь, наносит убытки экономике страны. К тому же транспорт является источником 80...90 % всех внешних шумов в городе.

Об актуальности проблемы снижения шумового загрязнения от транспорта в городе Волгограде свидетельствуют такие цифры, как нахождение 70 % территории города Волгограда в зоне шумового дискомфорта при наблюдаемой величине превышений допустимого уровня шума на отдельных территориях города и в квартирах жилых домов на 10...20 дБА. В структуре жалоб населения на негативные факторы окружающей среды 32 % жалоб связано с повышенным шумом (по данным социологических опросов шум попадает в «тройку» наиболее актуальных экологических проблем). Последствия массового воздействия повышенного шума проявляются в росте заболеваний слухового аппарата, нервной системы, нарушениях режима сна.

Основными направлениями деятельности по снижению шумового воздействия от автотранспорта, по нашему мнению, должны стать:

разработка мероприятий, имеющих шумопонижающий эффект, при разработке городских программ и схем развития транспортных систем города, а также при разработке целевых городских программ, в которых затрагиваются вопросы, связанные с изменением шумового режима;

применение шумопонижающего дорожного покрытия при проведении строительства, реконструкции и капитального ремонта дорог в городе;

разработка системы ограничительных мер в части движения в ночное время по территории спальных районов Волгограда отдельных видов транспортных средств (например, мотоциклов и большегрузного транспорта);

внедрение системы контроля соблюдения требований к внешнему уровню шума автомобилей при прохождении государственного технического осмотра транспортных средств.

Разработка и выполнение шумозащитных мероприятий требуют научно-методического обоснования, т. к. в связи с отсутствием специальных исследований не существует точной оценки количества жителей (квартир жилых домов) и площади территорий, испытывающих сверхнормативное воздействие от различных источников шума (дифференцированное по величине воздействия). Единственным способом получения таких оценок являются работы по картированию (составление карт изолиний разного уровня звука от совокупности источников). Результаты картирования уровня шума позволяют обосновать необходимость и приоритетность шумозащитных мероприятий, определять их эффективность, а также они необходимы для информирования жителей об условиях проживания. Шумовые карты целесообразно регулярно обновлять с учетом выполняемых в городе шумозащитных мероприятий. Так, например, в странах Евросоюза периодичность обновления карт транспортного шума, законодательно закреплённая директивными документами, должна составлять не менее одного раза в пять лет. Согласно европейскому законодательству, карты шума должны быть составлены для всех:

- населённых пунктов с населением более 100 тыс. жителей;
- автомагистралей с движением более 3 млн автомобилей в год;
- железных дорог с движением более 30 тыс. поездов в год;
- аэропортов с движением более 50 тыс. операций в год.

Шумовая карта города, являющаяся частью общего экологического мониторинга, может быть использована властями для решения следующих задач:

- разработка реально достижимых норм допустимого шума для конкретного города;
- проектирование и осуществление технических и иных средств по выполнению этих норм;
- применение санкций к тем, кто эти нормы не выполняет.

В Волгограде на сегодняшний день ведется мониторинг качества атмосферного воздуха по вредным выбросам, который проводится посредством разветвленной сети стационарных постов ГУ «Волгоградский ЦГМС», Министерства природных ресурсов и экологии администрации Волгоградской области. Что касается картирования уровня шума всей территории города, да и просто анализа шумового режима прилегающих территорий, то они не проводятся. Исследования шумовой нагрузки проводились лишь при решении локальных задач.

Помимо загрязнения атмосферного воздуха, влияние транспорта на экологию города проявляется в загрязнении водного бассейна (стоки с автомобильных моек, стоянок, гаражей, АЗС и др.) и почвы (отходы, загрязненные нефтепродуктами, сажевые частицы шин от истирания на дорогах и др.).

Загрязнение вод транспортными отходами проявляется в изменении физических и органолептических свойств (нарушение прозрачности, окраски, запахов, вкуса), увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, ток-

сичных тяжелых металлов, сокращения растворенного в воде кислорода воздуха, появлении радиоактивных элементов. Установлено, что более 400 видов веществ, выделяемых при работе автотранспорта, могут вызвать загрязнение вод. В случае превышения допустимой нормы хотя бы по одному из трех показателей вредности — санитарно-токсикологическому, общесанитарному или органолептическому — вода считается загрязненной.

Интенсивное загрязнение гидросферы автотранспортом происходит вследствие ряда факторов. Одним из них является отсутствие гаражей для тысяч индивидуальных автомобилей, хранящихся на открытых площадках, во дворах жилых застроек. Положение усугубляется еще и тем, что сеть ремонтных служб для автомобилей личного пользования недостаточно развита. Это вынуждает их владельцев производить ремонт и техническое обслуживание своими силами, что они и делают, конечно, без учета экологических последствий. Примером могут служить частные мойки или несанкционированные площадки для мойки автомобилей: из-за отсутствия моечных пунктов эту операцию зачастую выполняют на берегу реки, озера или пруда. Между тем автолюбители все в больших объемах пользуются синтетическими моющими средствами, которые представляют определенную опасность для водоемов.

Ливневые сточные воды с поверхности автомагистралей, площадок АЗС, с территории автотранспортных и авторемонтных предприятий также являются мощным источником загрязнения водных бассейнов в городской местности нефтепродуктами, фенолами и легкоокисляющимися органическими веществами. Поступление со стоками тяжелых металлов и токсичных веществ резко ограничивает потребление и использование водных ресурсов.

Одним из неперенных условий снижения вредного воздействия транспорта на окружающую среду является поддержание его в технически исправном состоянии. Для этих целей в Волгограде в настоящее время эксплуатируется большое количество станций и пунктов технического обслуживания автомобилей, которые тоже оказывают негативное воздействие на окружающую среду (в частности, загрязнение почв города). Так, в частных автомастерских отсутствуют контейнеры для сбора отходов, загрязненных нефтепродуктами (фильтры, резинотехнические изделия, промасленная ветошь и т. п.), не решен вопрос утилизации отработанных моторных масел и других технических жидкостей, вследствие чего образуются неорганизованные свалки в городской черте.

Таким образом, проблема уменьшения негативного воздействия автотранспорта на окружающую среду является весьма актуальной. Для ее решения в городе Волгограде необходимо:

лучше организовывать дорожное движение (создавать для автомобилей «зеленую волну»; перераспределять транспортные потоки по основным магистралям города для ликвидации заторов);

оптимизировать размещение гаражей и автостоянок для хранения автотранспорта, а также следить за их состоянием;

создать бессточную систему водоснабжения на участках, используемых для мытья автомобилей;

автомойки оборудовать локальными очистными сооружениями с последующим разбавлением остаточного количества загрязняющих веществ;

повышать популярность экологически чистых видов транспорта, к которым можно отнести велосипедный транспорт.

Велотранспорт создает целый спектр преимуществ:

он обеспечивает мобильность для всех вне зависимости от возраста и дохода;

способствует укреплению здоровья;

не требует существенных затрат и выгоден экономически;

экологичен, не производит шума, не требует больших площадей для передвижения и парковок;

повышает туристические возможности городов.

Развитие велотранспорта как составной части городской транспортной политики позволит не только смягчать и устранять нарастающие негативные эффекты, но и приносить ощутимые финансовые выгоды государству, решая при этом проблему загрязнения окружающей среды.

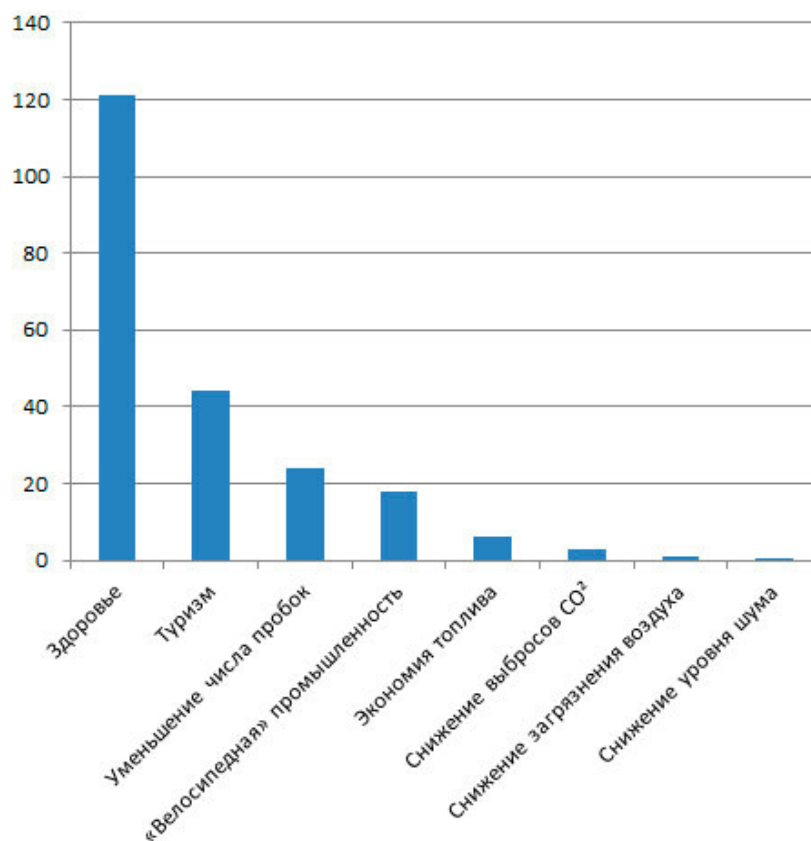
Согласно исследованиям, которые провела Европейская федерация велосипедистов, финансовая выгода, приносимая велосипедами по всему Евросоюзу, составляет более 200 млрд евро (рис.) (здоровье — 121 млрд, туризм — 44 млрд, уменьшение числа пробок — 24, прибыль от «велосипедной» промышленности — 18 млрд, экономия топлива — 6 млрд, снижение выбросов CO₂ — 3 млрд, снижение загрязнения воздуха — 1 млрд, снижение уровня шума — 0,3 млрд³). Эта цифра выражена в медицинских издержках, которых удастся избежать благодаря лучшей физической форме и крепкому здоровью большинства людей, регулярно пользующихся велосипедом. Другие выгоды также весьма очевидны: благодаря активному отдыху хорошо зарабатывает туристическое направление; чем больше велосипедистов в городах, тем меньше финансовых потерь от автомобильных пробок и меньше выбросов выхлопных газов.

В настоящее время в наиболее развитых странах количество велосипедов намного превышает численность автомобильного транспорта, и количество велопоездки непрерывно возрастает. В большинстве развитых стран велотранспорт развивается темпами, превосходящими темпы развития автомобильного транспорта. Так, в Германии ежегодно продается 4,5 млн велосипедов. Этому росту способствуют его объективные преимущества, дружелюбность по отношению к природе, потребность в сравнительно низких вложениях, дополненные значительным прогрессом в области дорожного строительства велотранспортных сетей и конструкций велотранспортных средств, а также широкое распространение представления о здоровом образе жизни. В практике развитых зарубежных стран установлена тенденция: рост качества жизни и состояния здоровья населения соответствуют средним темпам роста объемов перевозок велотранспортом, превышая при этом темпы роста объемов перевозок на других видах транспорта.

Массовое применение велотранспортных средств повлекло за собой изменения в ряде секторов экономики и в социальной сфере, в градостроительной политике, в организации отдыха, в других аспектах жизни общества.

³ Jack Oortwijn. 2nd Advocacy Summit: 500 Industry Members Needed. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bike-eu.com/industry-retail-organizations/nieuws/2013/8/2nd-advocacy-summit-500-industry-members-needed-10111556>.

При этом процесс развития велотранспорта принял, по существу, повсеместный характер. В настоящее время в наиболее развитых странах, например в Германии, количество перевозок с использованием велотранспорта достигает 20 % от всего объема пассажирских перевозок. В Нидерландах доля велосипедного сообщения в целом по стране составляет 27 %.



Выгоды, которые велосипедисты приносят Евросоюзу, млрд евро

В странах ЕС значительная доля в объеме перевозок мелких грузов выполняется велотранспортом, относящимся к так называемому транспорту общего пользования. Так, его доля в объеме перевозок мелких грузов в Великобритании составляет около 10 %, в Германии на малые расстояния (до 15 км) коммерческим велотранспортом доставляется около 30 % небольших грузов (пицца, почта, посылки, мелкие заказы), а на ближние расстояния (до 5 км) — до 40 %. В указанных странах в осуществлении пассажирских перевозок ведущее место принадлежит личным легковым автомобилям (до 80 % от всего объема), однако за последние годы из-за перегруженности дорог легковым автотранспортом принимаются меры по преимущественному развитию общественного и велосипедного транспорта.

В ряде стран Юго-Восточной Азии, на Кубе существенную долю пассажирских перевозок осуществляют велотакси.

Как показывает опыт Финляндии и других северных стран с климатическими условиями, близкими Центральной России, велотранспорт может активно использоваться не менее 8 месяцев в году, благодаря чему успевает окупать все производимые на него затраты.

В последние годы в Волгограде наблюдается увеличение количества легковых и грузовых автомобилей, но это не решает транспортные проблемы, а лишь усугубляет их.

Общественный транспорт, призванный осуществлять основной объем пассажирских перевозок, требует больших затрат на формирование парка техники и его эксплуатацию, создание и поддержание инфраструктуры и зачастую неэффективен экономически. Изношенность подвижного состава и инфраструктуры, наличие высокой доли льготных пассажиров, дотационный характер функционирования, ухудшение показателей качества обслуживания пассажиров не позволяют общественному транспорту Волгограда в полной мере решать возложенные на него задачи.

Описанные процессы регулярно приводят к такой ситуации на дорогах города, которую можно охарактеризовать как транспортный коллапс.

Существующий городской общественный транспорт не обеспечивает прямого беспересадочного сообщения между всеми районами города. Велотранспорт имеет в данном случае важнейшие преимущества: невысокую цену и крайне низкие эксплуатационные расходы, это способ передвижения, не ограниченный маршрутом.

В этой связи велосипед рассматривается как полноценное транспортное средство с точки зрения транспортной политики. Целью городской транспортной политики должно быть обеспечение дальнейшего развития экономики и социальной сферы с учетом устойчивого развития велотранспорта в рамках единой транспортной системы города.

Таким образом, согласно проведенному анализу основных транспортных проблем города Волгограда, следует отметить, что быстрое решение рассмотренных в статье действительно сложных вопросов вряд ли возможно, поскольку требуется точный анализ и прогнозирование последствий проводимых мероприятий.

Реализация и достижение положительных результатов в дальнейшем по всему комплексу рассмотренных направлений позволит решить задачу повышения эффективности функционирования транспортных систем городов.

© Коростелева Н. В., 2015

*Поступила в редакцию
в июне 2015 г.*

Ссылка для цитирования:

Коростелева Н. В. Анализ основных транспортных проблем Волгограда и пути их решения // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 158—168.

Об авторе:

Коростелева Наталия Владимировна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры экологического строительства и городского хозяйства, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, korostelevanv@mail.ru

N. V. Korosteleva

ANALYSIS OF MAJOR TRANSPORT PROBLEMS IN VOLGOGRAD CITY AND THEIR SOLUTIONS

Problem solving of the development of transport infrastructure is one of the priorities which define the ability to promote economic and cultural relations of the cities and the improvement of the quality of life of the population. In this article the author analyzes the main problems of the transport system in the city of Volgograd, examines possible measures allowing to improve the state of the transport infrastructure and to reduce the negative impact of transport on the environment.

Key words: transport system, throughput of the streets, parking, environmental pollution.

For citation:

Korosteleva N. V. [Analysis of major transport problems in Volgograd city and their solutions]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 158—168.

About author:

Korosteleva Nataliya Vladimirovna — Candidate of Engineering Science, Docent, Docent of Ecological Building and Municipal Facilities Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, korostelevanv@mail.ru

УДК 62-82:69.002.5

Н. А. Фоменко^а, В. И. Богданов^б, О. В. Бурлаченко^а, С. В. Алексиков^а

^а *Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет*

^б *Волжский институт строительства и технологий (ВИСТех) — филиал ВолгГАСУ*

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЗАПОРНОГО УСТРОЙСТВА СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ГИДРОПРИВОДА СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ МАШИН

Разработана конструкция регулируемого плунжерного клапана запорного устройства системы защиты строительно-дорожных машин от несанкционированного выброса рабочей жидкости при разрушении рукавов высокого давления.

К л ю ч е в ы е с л о в а: гидропривод, гидравлическая система, рукав высокого давления, защита гидропривода, запорное устройство.

Гидрофицированные машины и агрегаты имеют ряд преимуществ, среди которых: удобство управления рабочими органами, высокая скорость и плавность изменения положения рабочей машины, реверс рабочего органа, раздельное управление рабочими машинами, точность позиционирования и дозирования силового воздействия на рабочие органы, компактность, высокие кинематические характеристики агрегата. Анализ отечественных и зарубежных источников показывает, что на практике определилась область применения гидравлических систем в подъемно-транспортных механизмах, системах регулирования глубины рабочего органа при планировке поверхности, механизмах включения отбора мощности и ведущих мостов транспортных средств, привода тормозов, управления трансмиссией, регулирования колес, отбора мощности для привода активных рабочих органов, привода ходовой системы мобильных тягово-транспортных средств и др.

Исследования показывают [1], что гидросистема строительно-дорожных машин работает в условиях значительных колебаний наружной температуры (от -50 до $+60$ °С) и влажности окружающего воздуха (от 5 до 100 %). При этом существенно меняется и внутренняя температура — температура рабочей жидкости (от 30 до 60 °С). Все это приводит к ухудшению свойств материала, из которого изготовлены агрегаты гидросистемы, и снижает надежность всей конструкции. Дальнейшее увеличение мощности гидропривода за счет повышения рабочего давления нередко приводит к разрушению рукавов высокого давления и несанкционированному выбросу рабочей жидкости в атмосферу (46...335 л за один выброс).

Выброс в атмосферу такого количества рабочей жидкости (минерального масла — нефтепродуктов) наносит значительный ущерб экологической безопасности (фауне, флоре) [2—9], приводит к невосполнимым материальным потерям биоресурсов и др. По этой причине рабочее давление в гидросистемах тягово-транспортных средств, мобильных грузоподъемных машин, манипуляторов ограничено 18...20 МПа, что не позволяет поднять энергоемкость гидропривода и, соответственно, нагрузку на рукава высокого давления. В этой связи целесообразно продолжать исследования по совершенствованию способов и устройств защиты гидравлической системы [10].

В настоящее время борьба с потерями рабочей жидкости при несанкционированном выбросе в атмосферу ведется по двум направлениям: повышение прочности рукавов [11, 12] и создание способов и систем защиты.

Создано множество типов систем защиты гидравлической системы, которые отличаются по принципу действия, месту расположения, функциональным параметрам, типу сигнального устройства, методу устранения потерь рабочей жидкости.

По принципу действия можно выделить несколько типов: поплавковые, пневмоэлектрические, гидропневматические, гидромеханические. У большинства защитных устройств потери после срабатывания составляют от 3 до 10 л, например, пневмоэлектрическая система защиты — 6...8 л, поплавковая система защиты — до 10 л.

Существует широкая номенклатура металлических трубопроводов диаметром от 4 до 42 мм и толщиной стенок от 1,5 до 4 мм с 4...8-кратным запасом прочности, обеспечивающим герметичность при номинальном давлении от 10 до 63 МПа. Повышение прочности металлических трубопроводов приводит к увеличению материалоемкости. Применение таких трубопроводов в приводах рабочих органов, имеющих несколько степеней свободы, усложняет конструкцию шарнирных сочленений и не гарантирует герметичность.

Надежность гидравлических систем современных машин во многом определяется совершенством конструкции гибких рукавов высокого давления. Для повышения их прочности применяют оплеточное или навивочное металлическое армирование гибких трубопроводов, разработаны новые типы соединений концевой арматуры, например шариковые муфты, изготавливают силовой каркас из высокопрочного полиэфирного волокна и многослойной арматуры, камеры рукава методом экструзии из высококачественной синтетической резины с твердым внутренним покрытием, применяют полиуретан, полиамид или оплетку из нержавеющей стали. Установлено, что в условиях циклических нагрузок оплеточная арматура по прочности уступает навивочной.

Однако как оплеточные, так и навивочные рукава не выдерживают длительных циклических нагрузок при номинальном давлении в гидравлической системе за границей третьего исполнения (18...20 МПа).

При несанкционированном разрушении рукавов высокого давления для гидропневматической системы защиты потери рабочей жидкости составляют 0,5...1,2 л, а для гидромеханической — 0,17 л. Данные исследования показывают, что наиболее эффективным является гидромеханический способ защиты. Разработано несколько вариантов этого способа защиты [13—17], однако результаты исследования не полностью удовлетворяют поставленной задаче.

Предлагается техническое решение защиты гидропривода [18], оформленное заявкой на изобретение, которое может быть использовано для защиты от несанкционированного выброса рабочей жидкости из гидросистем строительно-дорожных, промышленных машин и оборудования с гидроприводом рабочих органов.

Известна система защиты гидропривода [4], включающая гидробак, насос, соединенный напорной линией с гидродвигателем через распределитель, и запорное устройство, установленное в напорной линии и подключенное своей входной полостью к выходу насоса. Запорное устройство включает корпус с

размещенным в нем подпружиненным плунжером, с выполненным со стороны входной полости осевым каналом, сообщенным отверстием через пружинную полость с установленным в ней упором с упорным стержнем, с выходной полостью, подключенной к входу распределителя, а в плунжере выполнены радиальные отверстия, сообщающие осевой канал с линией слива.

Недостатком системы защиты гидропривода является низкая эффективность работы его запорного устройства. Это обусловлено тем, что в момент сообщения радиальных отверстий плунжера с линией слива давление во впускной полости существенно падает и не поддерживается, что вызывает колебательный процесс плунжера из-за возврата его в данный момент пружинами. Это снижает эффективность перекрытия осевого канала упорным стержнем и увеличивает время срабатывания устройства.

Кроме этого, недостатком данной системы защиты гидропривода является то, что не регулируется порог срабатывания запорного устройства, определяемый перепадом давления между входной и выходной полостями. Это обуславливает низкую универсальность запорного устройства для установки его в системах защиты гидропривода различных машин.

Наиболее близким по технической сущности к достигаемому техническому результату является система защиты гидропривода [6], включающая гидробак, насос, соединенный напорной гидролинией с гидроприводом через распределитель, линию слива в гидробак и запорное устройство, включающее корпус с входной, выходной и глухой полостями, входным, выходным и сливным штуцерами с каналами, установленное в напорной линии и подключенное своей входной полостью к выходу насоса, а выходной — к распределителю, с размещенным во входной полости подпружиненным плунжером с кольцевой проточкой и радиальными отверстиями, с выполненным со стороны входной полости осевым каналом, сообщенным с выходной полостью, в которой установлен подпружиненный подвижный клапан со штоком, при этом шток клапана, гидравлически сообщенный через цилиндрическую глухую полость с напорной линией, свободно перемещается в упоре.

Недостатком данной системы защиты гидропривода является низкая эффективность работы его запорного устройства. Это обусловлено тем, что в момент сообщения входной полости через радиальные отверстия плунжера и канал сливного штуцера с линией слива давление во входной полости существенно падает, оно не поддерживается, плунжер пружинами возвращается в исходное положение и перекрывает канал сливного штуцера. Возникшим из-за перекрытия канала сливного штуцера давлением во входной полости плунжер, сжимая пружины, опять перемещается для перекрытия канала выходного штуцера, после чего опять входная полость сообщается с каналом сливного штуцера, что вызывает колебательный процесс плунжера. Возникающие колебания запорно-регулирующего элемента — плунжера — сопровождаются интенсивными ударами клапана о седло и колебаниями давления в системе, что является причиной износа и потери герметичности клапана. При этом увеличивается время перекрытия канала выходного штуцера, что снижает быстродействие запорного устройства.

Кроме этого, недостатком данной системы защиты гидропривода является то, что для надежного перекрытия потока рабочей жидкости конусным клапаном, контактирующим с седлом по линии окружности, требуется значи-

тельное усилие пружины, что способствует жесткой работе клапана запорного устройства, и из-за износа его рабочей поверхности по окружности контакта снижается эксплуатационная надежность устройства и, как следствие, снижается экологическая безопасность использования гидропривода машин и в целом эффективность системы защиты гидропривода.

Недостатком данной системы защиты гидропривода также является то, что после перекрытия плунжером канала выходного штуцера и при перекрытом посредством клапана осевом канале рабочая жидкость в этом положении плунжера оказывается замкнутой в объеме выходной полости между плунжером и упором. Так как жидкость не сжимаема, то плунжер своим правым торцом достигает всего лишь кромки канала выходного штуцера, обращенной к упору, а поэтому не имеет возможности достичь торца упора и выполнить перекрытие своей наружной поверхностью канала выходного штуцера, равное длине поверхности от кромки канала выходного штуцера до упора.

Низкая эффективность работы запорного устройства обусловлена тем, что закрытие плунжером канала выходного штуцера без достаточного перекрытия не обеспечивает абсолютно полного прекращения поступления рабочей жидкости из выходной полости в канал выходного штуцера, так как при большом давлении в гидросистеме будет происходить просачивание рабочей жидкости в канал выходного штуцера корпуса запорного устройства через зазор между цилиндрической поверхностью выходной полости корпуса и плунжером с обильным пенообразованием рабочей жидкости, заполнением пеной нагнетательной гидролинии до разрушенного рукава и выбросом пены в окружающую среду.

Технический результат предлагаемого конструктивного решения обусловливается эффективностью системы защиты гидропривода от несанкционированного выброса рабочей жидкости из гидросистемы и достигается путем регулирования порога срабатывания запорного устройства, то есть его чувствительности, при одновременном повышении быстродействия и универсальности запорного устройства, эксплуатационной надежности и экологической безопасности использования гидропривода машин.

Система защиты гидропривода включает гидробак, насос, гидропривод, связанный напорной гидролинией с насосом через распределитель, подключенный к сливной гидролинии в гидробак, и запорное устройство, содержащее корпус с входной и выходной полостями, входным, выходным и сливным штуцерами с каналами и упором, с размещенным во входной полости подпружиненным плунжером с выполненным со стороны входной полости осевым каналом, сообщенным с выходной полостью. Запорное устройство дополнительно снабжено штоком с осевым сквозным каналом и выполненными на одном конце штока упорным буртом и наружной резьбой, которыми шток одним концом жестко закреплен в упоре посредством гайки, кроме этого, в осевом сквозном канале штока выполнены радиальные отверстия, кромки которых, обращенные к торцу бурта, отстоят от него на расстоянии s , при котором радиальные отверстия штока перекрываются поверхностью осевого канала плунжера. В осевом сквозном канале штока выполнена резьба и установлен регулировочный винт с контргайкой, предназначенный для регулирования порога срабатывания запорного устройства, при этом другим концом шток размещен в осевом канале плунжера с возможностью перемещения

плунжера по штоку. Система защиты гидропривода дополнительно снабжена обратным клапаном, установленным на напорной гидролинии между насосом и запорным устройством, двумя запорными вентилями и гидрозамком, управляющая полость которого соединена со сливным каналом корпуса запорного устройства и через один запорный вентиль подключена к сливной гидролинии, входная полость гидрозамка подсоединена к напорной гидролинии между насосом и обратным клапаном, а выходная полость гидрозамка подключена к сливной гидролинии, кроме этого входная полость корпуса запорного устройства через входной штуцер с каналом и другой запорный вентиль подключена к сливной гидролинии.

Сущность технического решения заключается в том, что запорное устройство дополнительно снабжено штоком с осевым сквозным каналом и на одном конце штока выполнены упорный бурт и наружная резьба, которыми шток одним концом жестко закреплен в упоре посредством гайки, а другим концом размещен в осевом канале плунжера с возможностью перемещения плунжера по штоку. Кроме этого, в осевом сквозном канале штока выполнены радиальные отверстия, кромки которых, обращенные к торцу бурта, отстоят от него на расстоянии s , на которое поверхностью осевого канала плунжера перекрываются радиальные отверстия штока. Это позволит плунжеру при разрыве напорных рукавов, при котором из-за возросшего потока рабочей жидкости создается значительный перепад давления между выходной и входной полостями, в своем движении по штоку к упору усилием от перепада давления перекрыть поверхностью осевого канала радиальные отверстия в штоке. Перекрытие радиальных отверстий штока поверхностью осевого канала плунжера, равное длине осевого канала от кромок радиальных отверстий до торца бурта штока, способствует уменьшению просачивания рабочей жидкости в выходную полость корпуса запорного устройства через зазор между штоком и осевым каналом ввиду большого гидравлического сопротивления в зазоре. Это позволяет обеспечить высокую надежность перекрытия подачи рабочей жидкости в напорные рукава при их разрушении и эффективную защиту гидропривода от несанкционированного выброса рабочей жидкости.

Регулировочный винт, установленный в осевом канале штока со стороны упора, позволяет изменять проходное сечение радиальных отверстий, сообщающих через осевой канал штока входную и выходную полости, и, как следствие, дросселированием потока рабочей жидкости регулировать перепад давления между выходной и входной полостями, определяющий порог срабатывания запорного устройства. Это позволяет осуществлять точную настройку порога срабатывания запорного устройства на состояние гидросистемы, соответствующее несанкционированному выбросу рабочей жидкости из гидросистемы при разрушении напорных рукавов, а не на ложное состояние, связанное также с понижением давления в выходной полости запорного устройства, однако несколько меньшего значения, например, при сливе рабочей жидкости в нейтральном положении золотника распределителя через его переливной клапан в сливную гидролинию или холостом режиме работы гидропривода. Возможность настройки порога срабатывания запорного устройства обеспечивает высокую его универсальность при установке в системах защиты гидропривода различных машин, кроме этого, позволит исключить

ложные срабатывания устройства, а также повысить быстродействие запорного устройства, эксплуатационную надежность и в целом эффективность системы защиты гидропривода при разрушении напорных рукавов.

Использование в системе защиты гидропривода гидрозамка и двух запорных вентилях, один из которых установлен на сливной гидролинии из сливного штуцера, а второй установлен на сливной гидролинии из входного штуцера запорного устройства, а также подсоединение управляющей полости гидрозамка к каналу сливного штуцера корпуса запорного устройства, подсоединение входной полости гидрозамка к нагнетательной гидролинии между насосом и обратным клапаном, подключение выходной полости гидрозамка к сливной гидролинии и, кроме этого, сообщение канала входного штуцера запорного устройства с выходом насоса через обратный клапан позволяет обеспечить постоянство давления во входной полости при разрушении напорных рукавов питания гидропривода. Это обусловливается тем, что в предложенной системе защиты гидропривода слива рабочей жидкости из входной полости запорного устройства не происходит, так как канал сливного штуцера запорного устройства соединен с глухой управляющей полостью гидрозамка и на сливной гидролинии перекрыт запорным вентилях. Слив в гидробак рабочей жидкости, подаваемой насосом, выполнен через открывающийся гидрозамок управляющим сигналом в виде давления жидкости во входной полости запорного устройства, появляющийся при перемещении плунжера в крайнее правое положение при разрушении напорных рукавов, когда плунжер левым торцом открывает канал сливного штуцера корпуса запорного устройства. При этом обратный клапан и запорный вентиль запирают рабочую жидкость на входе запорного устройства и исключают перетекание ее из входной полости в напорную и сливную гидролинии при начавшемся сливе рабочей жидкости, подаваемой насосом, из напорной гидролинии через входную и выходную полости гидрозамка в гидробак.

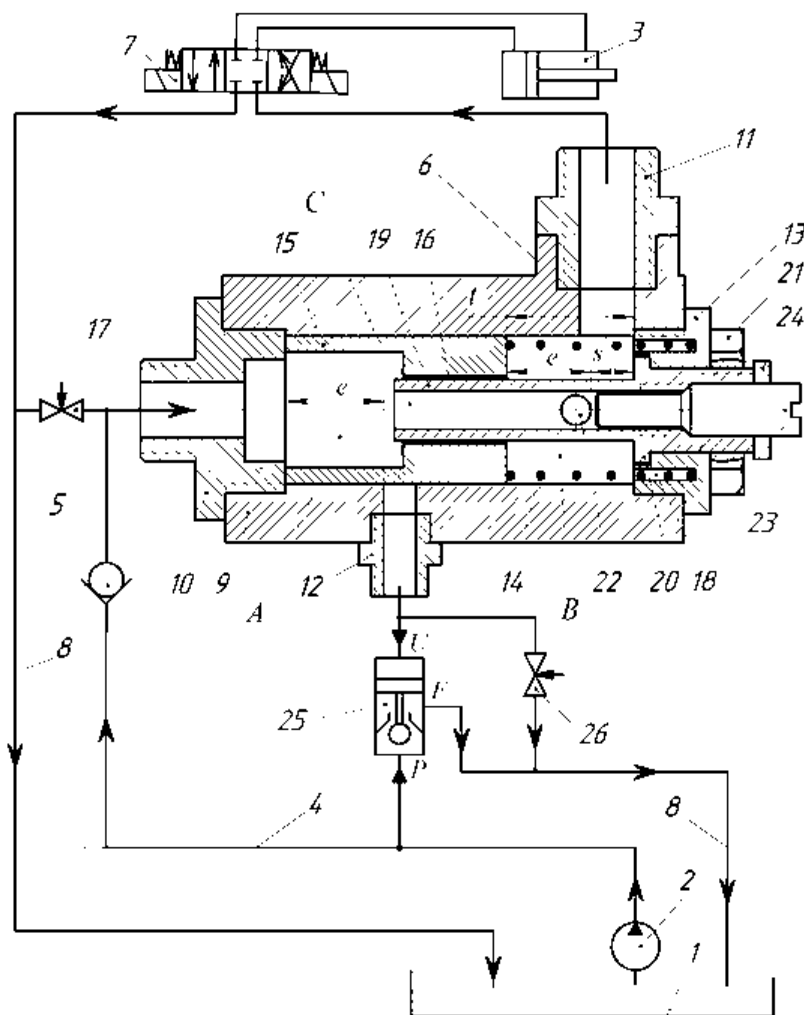
Таким образом, входная полость будет перекрыта на входе обратным клапаном, на выходе — плунжером, перекрывающим радиальные отверстия на штоке, а канал сливного штуцера сообщен с глухой управляющей полостью. Поэтому во входной полости запорного устройства будет поддерживаться плунжером с пружиной постоянное давление жидкости, оказавшейся в замкнутом объеме входной полости. Постоянное давление во входной замкнутой полости корпуса исключает колебания плунжера, позволяет держать постоянно перекрытыми радиальные отверстия штока и открытым гидрозамком, который обеспечивает слив жидкости в гидробак при разрыве напорных рукавов. Это существенно повышает быстродействие запорного устройства и эффективность системы защиты гидропривода.

На рис. представлена схема системы защиты гидропривода.

Система защиты гидропривода включает в себя гидробак 1, насос 2, гидропривод 3, связанный напорной гидролинией 4 с насосом 2 через обратный клапан 5, запорное устройство 6 и распределитель 7, подключенный к сливной гидролинии 8. Запорное устройство 6 включает в себя корпус 9, снабженный входным 10, выходным 11 и сливным 12 штуцерами с каналами и упором 13. Внутри корпуса 9 запорного устройства 6 размещен подпружиненный пружиной 14 плунжер 15 с выполненным в нем осевым каналом 16 и размещенным на расстоянии его полного хода t от упора 13. Плунжер 15 раз-

деляет внутренний объем корпуса 9 на входную *A* и выходную *B* полости, сообщающиеся между собой осевым каналом 16 плунжера. Входная полость *A* корпуса 9 сообщается с каналом входного штуцера 10 и подключена через запорный вентиль 17 к сливной гидролинии 8, а выходная полость *B* сообщается с каналом выходного штуцера 11. В торце упора 13 выполнено торцевое углубление 18 с размещенной в нем пружиной 14.

Запорное устройство 6 снабжено штоком 19 с осевым сквозным каналом *C*. На одном конце штока выполнены упорный бурт 20 и наружная резьба, посредством которых шток одним концом гайкой 21 жестко через запорный вентиль 26 подключен к сливной гидролинии 8. Входная полость гидрозамка 25 подсоединена к напорной гидролинии 4 между обратным клапаном 5 и насосом 2, а выходная полость гидрозамка подключена к сливной гидролинии 8.



Система защиты гидропривода

Кроме этого, в осевом сквозном канале *C* штока выполнены радиальные отверстия 22, кромки которых, обращенные к торцу бурта 20, отстоят от него на расстояние *s*, при котором радиальные отверстия штока 19 перекрываются поверхностью осевого канала 16 плунжера 15, а также в осевом канале *C* выполнена резьба и установлен регулировочный винт 23 с контргайкой 24, предназначенный для регулирования порога срабатывания запорного устройства 6. Другим концом шток размещен в осевом канале 16 плунжера 15 с возможностью перемещения плунжера по штоку 19.

Система защиты гидропривода снабжена гидрозамком 25, управляющая полость *U* которого сообщается с каналом сливного штуцера 12 корпуса 9.

Система защиты гидропривода работает следующим образом. В рабочем состоянии системы защиты запорные вентили 17 и 26 закрыты. В статическом состоянии системы защиты гидропривода, то есть в нейтральном положении золотников распределителя 7, рабочая жидкость подается насосом 2 через обратный клапан 5, канал входного штуцера 10 во входную полость *A* корпуса 9 и далее поступает по каналу *C* внутри штока 19 и его радиальные отверстия 22 в выходную полость *B*, а через канал выходного штуцера 11 — на вход распределителя 7. В этом положении золотников распределителя 7 происходит слив рабочей жидкости в сливную гидролинию 8 через его переливные клапаны. Давление рабочей жидкости в полостях *A* и *B* при этом практически одинаковое. Плунжер 15 подпирается пружиной 14 и находится в крайнем левом положении, при этом радиальные отверстия 22 штока 19 открыты и сообщают между собой через канал *C* штока 19 полости *A* и *B* запорного устройства 6.

При перемещении золотников распределителя 7 в позицию «подъем» рабочая жидкость подается насосом 2 через обратный клапан 5, канал входного штуцера 10 во входную полость *A* корпуса 9 и далее поступает по каналу *C* штока 19 и его радиальные отверстия 22 в выходную полость *B*, а через канал выходного штуцера 11 поступает на вход распределителя 7, который питает под рабочим давлением гидропривод 3. Поток жидкости при этом создает перепад давления между полостями *A* и *B* запорного устройства, подпор от которого на плунжер 15 компенсируется пружиной 14. Кромки радиальных отверстий 22, обращенные к торцу бурта 20, отстоят от правого торца плунжера 15 на достаточном расстоянии *e*, при котором в штатном рабочем состоянии гидросистемы не происходит их закрытия цилиндрической поверхностью осевого канала 16 плунжера, а также не происходит открытия канала сливного штуцера 12 левым торцом плунжера, так как кромка канала сливного штуцера находится на таком же расстоянии *e* от торца входного штуцера 10.

При разрыве напорных рукавов питания гидропривода давление в выходной полости *B* существенно падает, и из-за возросшего потока рабочей жидкости из выходной полости *B* возникает значительный перепад давления в полостях *A* и *B*. Усилием от перепада давления в полостях *A* и *B* корпуса 9 плунжер 15, преодолевая сопротивление пружины 14, движется вправо до упора 13, закрывая цилиндрической поверхностью осевого канала 16 радиальные отверстия 22 с перекрытием, равным расстоянию *s* от кромок радиальных отверстий до торца бурта 20 штока 19. При этом подача рабочей жидкости из входной полости *A* в выходную полость *B* прекращается. Значительное перекрытие радиальных отверстий 22 поверхностью осевого канала 16 плунжера 15 исключает просачивание рабочей жидкости из входной полости *A* в выходную полость

В корпуса 9 через зазор между штоком 19 и осевым каналом 16 плунжера из-за большого гидравлического сопротивления в зазоре.

В аварийном состоянии гидросистемы при разрыве рукавов питания гидропривода плунжер 15 под действием перепада давления перемещается в крайнее правое положение на расстояние его полного хода t , и его левый торец открывает канал сливного штуцера 12, по которому при закрытом вентиле 26 давление рабочей жидкости, как гидравлический управляющий сигнал, передается в глухую управляющую полость U гидрозамка 25. При этом гидрозамок открывается, и через его входную P и выходную F полости пропускается рабочая жидкость из нагнетательной гидролинии 4 насоса 2 на слив в сливную гидролинию 8, и давление в напорной гидролинии от насоса до обратного клапана 6 значительно падает. Падение давления в напорной гидролинии может вызвать обратный отток рабочей жидкости из полости A к насосу 2 под действием на плунжер 15 сжатой пружины 14, когда порог срабатывания запорного устройства, определяемый перепадом давления между его выходной B и входной A полостями, регулируется дросселированием потока рабочей жидкости посредством регулировочного винта 23, изменяющего проходное сечение отверстий 22. Винтом 23 выполняется точная настройка порога срабатывания запорного устройства 6, то есть его чувствительности к перепаду давления между выходной A и входной B полостями, что позволяет добиться максимального его быстродействия, исключить ложные срабатывания и обеспечить высокую универсальность применения в системах защиты гидропривода различных машин.

Таким образом, предлагаемое изобретение, в сравнении с прототипом, повышает эффективность системы защиты гидропривода от несанкционированного выброса рабочей жидкости из гидросистемы, существенно повышает быстродействие его запорного устройства, эксплуатационную надежность и экологическую безопасность использования гидропривода рабочих органов машин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Фоменко Н.А.* Совершенствование эксплуатационных свойств гидравлических систем машинно-тракторных агрегатов: дис... канд. техн. наук. Волгоград, 2002. 166 с.
2. *Фоменко Н. А., Богданов В. И., Алексиков С. В.* Ресурсосберегающая гидравлическая система строительной техники // Тр. Международной науч.-практ. конф. Саратов : [Изд-во Саратов. гос. техн. ун-та], 2014. С. 221—224.
3. *Перельмитер В. И.* Гидравлическая система: пат. SU 1822471 A3 F 15 B 20/00.
4. Система защиты гидропривода: пат. SU 1813937 A1 F 15 B 20/00 / Н. А. Фоменко, С. В. Дубинский, Г. И. Голобута, Г. П. Лышко.
5. Снижение энергии гидравлического удара в запорном устройстве гидросистемы строительной-дорожной техники / Н. А. Фоменко, В. И. Богданов, О. В. Бурлаченко, С. В. Алексиков, Н. В. Сапожкова // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2015. Вып. 1(37).. Ст. 3. URL: www.vestnik.vgasu.ru.
6. *Фоменко Н. А., Перельмитер В. И., Фоменко В. Н.* Система защиты гидропривода: пат. RU 15763U17F15B21/00.
7. *Фоменко Н. А., Богданов В. И., Бурлаченко О. В.* Система защиты гидропривода: пат. № 2549754C1 Рос. Федерация МПК F15B 20/00(2006.01)
8. *Богданов В. И., Фоменко Н. А., Бурлаченко О. В.* Гидропривод : пат. заявка на изобретение № 2014152575 от 26.12.2014.
9. Гидравлическая система: пат. RU 15764U17F15B21/00 / В. Н. Фоменко, В. И. Перельмитер, Н. А. Фоменко, В. П. Шевчук.
10. *Фоменко Н. А., Богданов В. И., Сапожкова Н. В.* Пути совершенствования гидропривода тягово-транспортных средств // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2014. Вып. 36(55). С. 218—222.

11. *Фоменко Н. А., Богданов В. И., Фоменко В. Н.* Трубопровод высокого давления: пат. RU 2511926 С2 Рос. Федерация МПК F 15 В 20/ 00 (2006.01)
12. Трубопровод гидросистемы строительного-дорожных машин / Н. А. Фоменко, С. В. Алексиков, В. И. Богданов, Н. В. Сапожкова // Вестник развития науки и образования. 2014. Вып. 3. С. 115—117.
13. *Бурлаченко О. В., Сердобинцев Ю. П., Схиртладзе А. А.* Повышение качества функционирования технологического оборудования. Старый Оскол : ТНТ, 2010. 411 с.
14. Система защиты гидропривода. Заявка на изобретение № 2014133230 от 12.08.2014 / Н. А. Фоменко, В. И. Богданов, О. В. Бурлаченко, С. В. Алексиков.
15. *Фоменко Н. А., Богданов В. И., Бурлаченко О. В., Алексиков С. В.* Система защиты гидропривода. Заявка на изобретение № 2014133230 от 12.08.2014.
16. *Фоменко Н. А., Богданов В. И., Алексиков С. В.* Система защиты гидропривода : заявка на патент № 2014121185; Рос. Федерация.
17. Совершенствование гидравлической системы строительного-дорожной техники / Н. А. Фоменко, О. В. Бурлаченко, С. В. Алексиков, В. И. Богданов, Н. В. Сапожкова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. Вып. 38(57). С. 120—124.
18. *Фоменко Н. А., Богданов В. И., Бурлаченко О. В.* Система защиты гидропривода : заявка на патент 2014121185 ; Рос. Федерация.

© Фоменко Н. А., Богданов В. И., Бурлаченко О. В., Алексиков С. В., 2015

*Поступила в редакцию
в мае 2015 г.*

Ссылка для цитирования:

Повышение надежности запорного устройства системы защиты гидропривода строительного-дорожных машин / Н. А. Фоменко, В. И. Богданов, О. В. Бурлаченко, С. В. Алексиков // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 169—180.

Об авторах:

Фоменко Николай Александрович — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Богданов Виктор Иванович — канд. техн. наук, доц., проф. кафедры технологических процессов и машин, Волжский институт строительства и технологий (ВИСТех) — филиал ВолгГАСУ. Российская Федерация, 404111, г. Волжский, пр. Ленина, 72

Бурлаченко Олег Васильевич — д-р техн. наук, доц., проректор по учебно-воспитательной работе, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Алексиков Сергей Васильевич — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, AL34rus@mail.ru

N. A. Fomenko, V. I. Bogdanov, O. V. Burlachenko, S. V. Aleksikov

RELIABILITY IMPROVEMENT OF THE LOCKING STRUCTURE OF THE PROTECTION SYSTEM OF HYDRAULIC GEAR OF CONSTRUCTION AND ROAD CARS

The design of the adjustable plunger valve of the locking structure of protection system of construction and road cars against unauthorized emission of power liquid at the destruction of high pressure hoses is developed.

Key words: hydraulic gear, hydraulic system, high-pressure hose, protection of the hydraulic gear, locking device.

REFERENCES

1. Fomenko N. A. *Sovershenstvovanie ekspluatatsionnykh svoystv gidravlicheskikh sistem mashinno-traktornykh agregatov* [Improvement of operating properties of hydraulic systems of machine and tractor units. Dis. Cand. Eng. Sci.]. Volgograd, 2002. 166 p.
2. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Aleksikov S. V. [Resource-saving hydraulic system of construction machinery]. *Trudy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Proc. of Int. Conf.]. Saratov, Publishing House of Saratov State Technical University, 2014. Pp. 221—224.
3. Perel'miter V. I. *Gidravlicheskaya sistema* [Hydraulic system. Pat. RF, no. SU 1822471 A3 F 15 B 20/00].
4. Fomenko N. A., Dubinskii S. V., Golobuta G. I., Lyshko G. P. *Sistema zashchity gidroprivoda* [System of Hydraulic Control Protection. Pat. RF, no. SU 1813937A1F15B20/00].
5. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Burlachenko O. V., Aleksikov S. V., Sapozhkova N. V. [Reduce on energy hydraulic shock in lock protection device of the hydraulic system of construction and road machines]. *Internet-Vestnik VolgGASU*, 2015, no. 1(37), paper 3. URL: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>
6. Fomenko V. N., Perel'miter V. I., Fomenko N. A. *Sistema zashchity gidroprivoda* [System of Hydraulic Control Protection. Pat. RF, no. RU15763U17F15B21/00].
7. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Burlachenko O. V. *Sistema zashchity gidroprivoda* [System of protection of a hydraulic gear. Pat. RF no. 2549754 1 MPKF15B20/00(2006.01)].
8. Bogdanov V. I., Fomenko N. A., Burlachenko O. V. *Gidroprivod* [Hydraulic gear. Pat. application for the invention no. 2014152575 from 26.12.2014].
9. Fomenko V. N., Perel'miter V. I., Fomenko N. A., Shevchuk V. P. *Gidravlicheskaya sistema* [Hydraulic System. Pat. RF, no. RU 15764U17F15B21/00].
10. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Sapozhkova N. V. [Ways of improvement of a hydraulic actuator of traction vehicles]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2014, no. 36(55), pp. 218—222.
11. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Fomenko V. N. *Truboprovod vysokogo davleniya* [High pressure pipeline. Pat. RU 2511926 C2 Russian Federation MPK F 15 B 20/00 (2006.01)].
12. Fomenko N. A., Aleksikov S. V., Bogdanov V. I., Sapozhkova N. V. [Pipeline of the hydraulic system of construction-road machines]. *Vestnik razvitiya nauki i obrazovaniya* [Bulletin of Development of Science and Education], 2014, no. 3. pp. 115—117.
13. Burlachenko O. V., Serdobintsev Yu. P., Skhirtladze A. A. *Povyshenie kachestva funktsionirovaniya tekhnologicheskogo oborudovaniya* [Improvement of the quality of functioning of processing equipment]. *Staryi Oskol, TNT Publ.*, 2010. 411 p.
14. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Burlachenko O. V., Aleksikov S. V. *Sistema zashchity gidroprivoda* [System of protection of a hydraulic gear. Application for the invention no. 2014133230 from 12.08.2014].
15. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Burlachenko O. V., Aleksikov S. V. *Sistema zashchity gidroprivoda* [Protection system for hydraulic drive]. Application for the invention no. 2014133230 dated from 12.08.2014.
16. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Aleksikov S. V. *Sistema zashchity gidroprivoda* [System of protection of a hydraulic gear. Pat. application no. 2014121185; Russian Federation].
17. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Burlachenko O. V., Aleksikov S. V., Sapozhkova N. V. [Improvement of hydraulic system of construction equipment]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2014, no. 38(57), pp. 120—124.
18. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Burlachenko O. V. *Sistema zashchity gidroprivoda* [System of protection of a hydraulic gear. Pat. application 2014121185; Russian Federation].

For citation:

Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Burlachenko O. V., Aleksikov S. V. [Reliability improvement of the locking structure of the protection system of hydraulic gear of construction and road cars]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 169—180.

About authors:

Fomenko Nikolai Aleksandrovich — Candidate of Engineering Science, Docent, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

Bogdanov Viktor Ivanovich — Candidate of Engineering Science, Docent, Professor of Technological Processes and Machines Department, Volzhskii Institute of Civil Engineering and Technology (VIS-Tech) — Affiliate Institute of VSUACE. 72, Lenin Avenue, Volzhskii, 404111, Russian Federation

Burlachenko Oleg Vasil'evich — Doctor of Engineering Science, Docent, Vice-Rector for Studies and Educational Work, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

Aleksikov Sergei Vasil'evich — Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, AL34rus@mail.ru

УДК 72.10+378

Т. В. Киреева

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ КОММЕРЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ ЮГА РОССИИ XIX — НАЧАЛА XX вв.

Рассмотрено и впервые дается обобщенное описание архитектуры зданий коммерческого образования южных губерний Российской империи. В указанный период возникновения и развития коммерческого образования выделено четыре этапа становления архитектуры учебного здания: поздний классицизм, эклектика, модерн и ретроспективизм, для каждого из которых выявлены основные планировочные и стилевые характеристики, определены национальные особенности и тенденции развития в привязке к особенностям коммерческого образования.

К л ю ч е в ы е с л о в а: архитектура зданий коммерческого образования, архитектура коммерческих училищ, торговых школ, реальных училищ, планировка учебных зданий.

Выделение южных территорий Российской империи для изучения и выявления общих характеристик в архитектуре зданий коммерческого образования определено вследствие существования в заявленный период учебных округов — Одесского, Харьковского и Киевского, а также исторически сложившегося общего культурно-исторического уклада.

Экономический подъем южных территорий в XIX в. проходил на фоне активного освоения новых земель с их природными богатствами и построения промышленного производства, что способствовало активизации как внутреннего, так и внешнего рынка, что являлось характерной особенностью развития этих территорий. Коммерция, предпринимательство, мануфактурное и промышленное производство нуждались в профессиональных кадрах различного уровня: в счетоводах, приказчиках, управляющих, что и должно было обеспечить коммерческое образование.

Коммерческое образование в России, возникшее в конце XVIII г. в Москве, развивалось далее в Санкт-Петербурге и было частью государственной политики и частной инициативы именитых российских предпринимателей.

Необходимо отметить, что коммерческое образование на юге России возникает в самом начале XIX в. — в 1804 г. — в виде коммерческих гимназий, а к этому времени Москва и Санкт-Петербург имели всего три коммерческих училища. В результате реформ, проведенных Александром I, были созданы специализированные коммерческие гимназии, которые предполагалось содержать за казенный счет — правительство «было готово ввести коммерческую школу в общую систему народного просвещения» [1]. На всю Россию были созданы всего две коммерческие гимназии в важных торговых городах России — Одессе (1804 г.) и Таганроге (1806 г.), где начали изучать «товароведение». Позднее была открыта Московская III реальная гимназия (1839 г.), но доля участия коммерческих гимназий в общем образовании была незначительна — всего в России в 1824 г. действовало 49 гимназий с 5491 учащимся¹.

¹ ЭСБЕ/Гимназия - Викитекка. URL:<https://ru.wikisource.org/wiki/> (дата обращения: 05.12. 2014).



Рис. 1. Таганрог. Коммерческая гимназия, арх. Ф. К. Буффо, 1806 г. (В. Варваца 1906 г.).



Рис. 2. Одесса. Коммерческое училище Файга, арх. О. С. Шашин (1883 г.)

Коммерческая гимназия Вольсея, открытая в 1804 г. в Одессе по инициативе губернатора Ришелье и французской общины, сыгравшей большую роль в развитии городского образования [2], располагалась на улице Гимназической (в дальнейшем Дерибасовской). Двухэтажное здание архитектора Ф. Шаля отличалось простотой и строгостью лаконичного декора, характерного для периода позднего классицизма. В гимназии преподавали, в основном, французы и изучались специальные предметы: приспособление коммерции, коммерческая география и бухгалтерия, коммерция, познание фабрик и товаров, история коммерции, коммерческое и морское право.

Таганрогская Коммерческая гимназия на 120 учащихся возникла по ходатайству градоначальника барона Кампенгаузена². Здание для гимназии было построено архитектором Ф. К. Буффо в стиле позднего классицизма. Двухэтажное протяженное здание на шестнадцать световых осей по главной оси было отмечено аттиком и главным крыльцом (см. рис. 1). Карнизный междуэтажный пояс, простые оконные рамки и сандрики составляли скромный декор этого строгого здания, расположенного на одной из центральных площадей города, где в дальнейшем, стараниями местных меценатов, был разбит городской сквер.

Недолгое существование коммерческих гимназий (1804—1817 гг.) объясняется свертыванием либеральных начинаний при Николае I, принявшем в 1828 г. новый «Устав средних и низших учебных заведений», который приводил все школы к единообразию [1].

Одесса, занимающая выгодное положение на юге России, вела успешную торговлю на внутреннем и внешнем рынке и славилась своими предприимчивыми и энергичными коммерсантами не только в торговле, но и в сфере образования, что повлияло на открытие здесь еще двух учебных заведений — коммерческих училищ.

Так, в 1884 г. здесь было открыто частное «Учебное заведение с курсами 6-классной классической прогимназии и реального училища», которое в дальнейшем (1894 г.) было преобразовано в Коммерческое училище Г. Ф. Файга, благодаря многочисленным благим делам и либеральному настрою которого сюда ехали поступать со всей России [3]. Здание для коммерческого училища было построено на основе объединения двух существую-

² Таганрог. Официальный портал Администрации города Таганрога. URL: <http://www.tagancity.ru/?id=479> (дата обращения : 08.06. 2014)

щих зданий высокой вставкой — ризалитом. Реконструкцию выполнял в 1883 г. арх. О. С. Шашин в стиле ранней эклектики, где главной темой звучит ритм прямоугольных окон, а асимметричное расположение входа на вставке отмечено накладным треугольным фронтоном верхнего этажа. В дальнейшем это здание перешло Ришельевскому лицу (рис. 2).

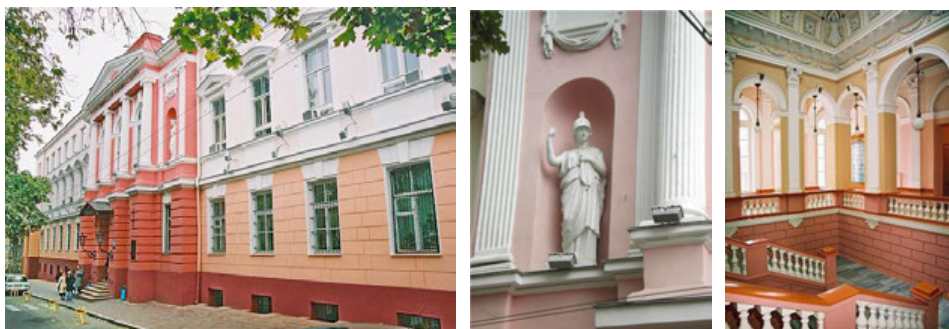


Рис. 3. Одесса. Коммерческое училище им. императора Николая I. Арх. Ф. В. Гонсиоровский (1887 г.)

Архитектура позднего классицизма и зарождения эклектизма в перечисленных зданиях коммерческого образования южной провинции была проста, лаконична, что отвечало образу учебного заведения, а их строительство могло быть реализовано за счет средств, собранных с местных купцов-коммерсантов, и руками местных строителей.

Развитие Одессы как южной архитектурной жемчужины повлияло на выбор стиля при строительстве здания Коммерческого училища им. Николая I, возведенного в 1887 г. арх. Ф. И. Гонсиоровским в стиле ампир, имеющего в основе своей классическую композиционную схему и формообразование (рис. 3). Симметричная композиция, прямые, чистые линии построения, портик ионического ордера по главной оси здания, увенчанный классическим фронтоном, концентрация декоративных элементов, ритм прямоугольных окон с сандриками лучковой и треугольной формы, рустовка первого этажа создают торжественное настроение. Декоративное убранство фасада — глубокие ниши со скульптурами богини Афины и Изобилия, гипсовые медальоны, гирлянды, двухцветие фасада — говорит о стилистике ампира. Интерьеры училища были богато украшены пластикой: арочные проемы, пилястры коринфского ордера, ампирный антаблемент, балюстрады [4]. Здание училища, располагаясь на одной из главных улиц города, входит в яркую череду работ архитектора, создавшего неповторимый облик Одессы [5]. В ходе исследования выявлен только один пример строительства здания коммерческого училища в стиле ампир, несмотря на частое использование этого стиля для строительства общественных зданий первой половины XIX в.

В последнее десятилетие XIX в. юго-западная часть Российской империи успешно развивалась, и в крупных городах Украины — Киеве (1898 г., арх. Г. П. Шлейфер) (рис. 4) и Харькове (1893 г., арх. А. Бекетов) — были построены коммерческие училища. Обе постройки относятся к стилю академической эклектики.



Рис. 4. Киев. Первое коммерческое училище, арх. Г. П. Шлейфер (1898 г.)



Рис. 5. Астрахань. Реальное училище с коммерческим отделением, арх. В. А. Шретер (1884 г.)

В Киеве в 1898 г. за короткий срок на деньги «сахарных королей» — благотворителей Льва и Лазаря Бродских — было построено здание Первого коммерческого училища на участке Бульварно-Кудрявской улицы. Проект арх. Г. П. Шлейфера был выполнен в стиле академической эклектики: симметричная, ступенчатая композиция, где главная ось здания фиксируется на световую ось центрального оконного проема, закрепленную накладным портиком с треугольным фронтоном над центральным аттиком. Главный ризалит акцентируется большими симметричными браманскими окнами. В отделке первого этажа и углов здания используется руст. Парапет решен ритмом возвышающихся угловых рустованных простенков, объединенных металлической решеткой с богатым декоративным орнаментом.

Проект Харьковского коммерческого училища — результат конкурса, проведенного в 1889 г.³, что стало новой тенденцией развития архитектурного творчества того времени. Проект победителя — молодого архитектора, выпускника Санкт-Петербургской академии художеств Алексея Бекетова был успешно реализован в 1893 г. (рис. 6).

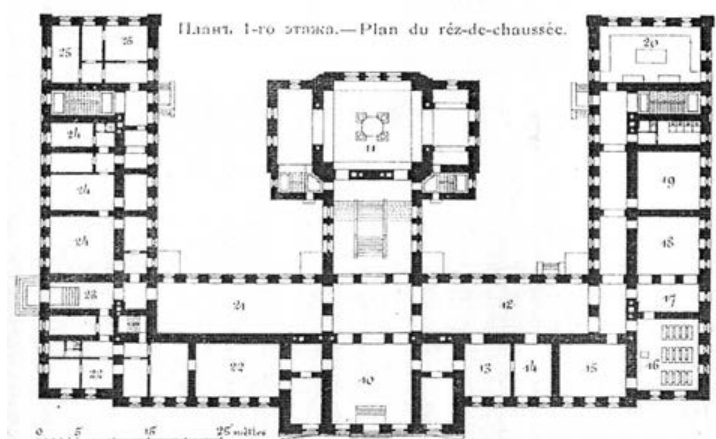
Планировка здания имеет четкую симметричную схему с выделением главной оси — центрального вестибюля — и объема домовая церкви Нерукотворного Образа Господня с высоким куполом, удачно встроенной в пространство внутреннего двора, не нарушающей основной функции здания, а лишь усиливающей высокую духовность образования, в том числе и за счет интерьеров, выполненных с большим мастерством и изяществом [6].

Коридорная система в главном здании обогащена пространством широких рекреаций, которые на первом этаже используются под гардероб (шинельная) и гимнастический зал. Актный зал расположен над главным входом и выделен на фасаде выступом ризалита и высокими окнами. В левом торце здания размещались квартиры директора и инспектора училища с отдельным входом со двора. Все классные помещения имели левостороннее освещение, самые передовые системы отопления и вентиляции. В дальнейшем, в 1912 г., при училище были открыты вечерние Высшие коммерческие курсы Харьковского купеческого общества, получившие в 1916 г. статус Коммерческого института.

³ Зодчий //1894. № 12. Л. 1



a



b

Рис. 6. Харьков. Коммерческое училище императора Александра III, арх. А. Бекетов (1893 г.): *a* — конкурсный фасад арх. А. Бекетов; *b* — планы 1-го этажа

В Российской империи коммерческое образование развивалось крайне медленно: находясь в ведении Министерства образования, оно не находило должной поддержки, где главной заботой было общее образование. Только благодаря настойчивости, инициативности и благотворительности местного купечества коммерческие училища удалось открыть в важных экономических центрах: Москве, Санкт-Петербурге, Харькове, Киеве, Одессе и Риге. В многонациональной провинции коммерческое образование практически не развивалось, что значительно тормозило дальнейший экономический рост государства.

Для решения этой проблемы в самом конце XIX в., в 1896 г., министром финансов С. Ю. Витте было принято «Положение о коммерческом образовании», основанное на опыте западноевропейских стран, где развитие коммерческого образования было отдано общественным организациям и частным лицам, которые лучше всех «знают нужды местной торговли» [1, с. 256]. Система коммерческого образования теперь включала торговые классы, торговые школы и коммерческие училища, что давало мощный толчок к его дальнейшему развитию. Кроме того, все коммерческие учебные заведения были переданы в ведение учебного отдела Министерства финансов (позднее — Министерства торговли и промышленности), что гарантировало стабильность и расширяло возможности и для качественного строительства, и оснащения училищ, их дальнейшего роста.



Рис. 7. Кишинев. Городское коммерческое училище, арх. А. О. Бернардоцци (1905 г.)



Рис. 8. Запорожье. Александровское коммерческое училище, арх. Тиссен (1911 г.)

К этому времени в архитектуре господствовала эклектика, позволяющая за счет гибкости планировки решать задачи расширяющихся и усложняющихся функций учебного здания. Фасады, выполненные в пластике кирпичной кладки, отличались сомасштабностью и соразмерностью, были более «гуманными», соответствовали образу учебного заведения, что можно проследить на примере зданий коммерческих училищ Минска (1901 г.), Витебска (1906 г.), Астрахани (1906 г.); ритм высоких арочных окон, кирпичной пластики дополнялся акцентом легкого ажурного ограждения балкона.

Наиболее интересным примером академической эклектики является здание коммерческого училища Кишинева (рис. 7), выделяющееся своей красотой, пропорциональностью и изящной отделкой, основанной на первоисточнике итальянского Возрождения. Училище представляет собой симметричное трехэтажное с высоким этажом здание с выявленными центральными и двумя боковыми, на две стороны, ризалитами, увенчанными высокими парапетами с аркадами. Здание объединено общей темой активно профилированного венчающего карниза с ритмом консолей и дентикул, с изящными бифориями верхнего этажа центрального и боковых ризалитов, акцентированными круглыми ложными окнами, осевым арочным проемом главного входа и центрального балкона с ажурной решеткой, с крупной линейной рустовкой первого этажа. Автором этой постройки, возможно, был именитый А. О. Бернардоцци — главный архитектор Кишинева, а затем и Одессы [7]. Но, возможно, это был архитектор Я. М. Уската, стиль работы которого был столь же изящен и отличался изысканностью форм и пластической выразительностью. К сожалению, здание коммерческого училища было разрушено во время войны и не было восстановлено.

В 1902 г. в Ростове-на-Дону было открыто Коммерческое училище, здание для которого было построено по проекту арх. Н. М. Соколова⁴, где еще прослеживаются отголоски эклектики, но его развитая объемно-пространственная форма, выявление на фасаде функционально-планировочного решения свидетельствуют о переходе к истокам модерна: высокие окна на два этажа акцентируют помещение актового зала в центральном ризалите, а метр оконных членений — основные учебные аудитории. В архитектуре здания выделяется декоративное убранство парапета с боковыми возвышающимися плоскостями аттика и резными белыми, точеными башенками восточного характера.

⁴ ГКУ РО ГАРО. Ф. 261. Ф. 262.

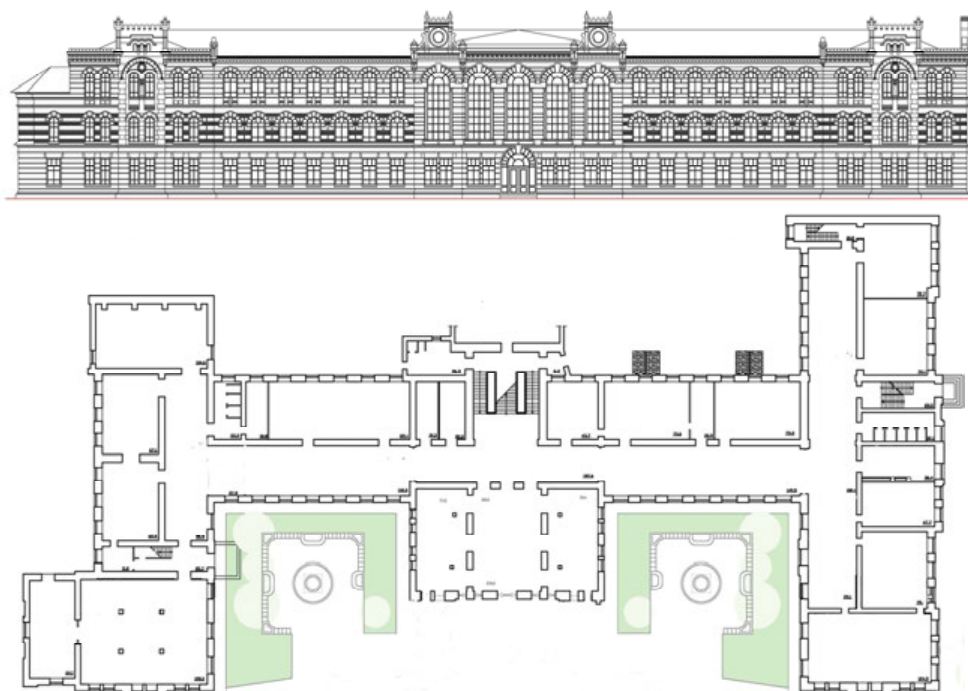


Рис. 9. Ростов-на-Дону. Коммерческое училище, арх. Н. М. Соколов (1904 г.)

Сквозное круглое отверстие вносит главную акцентную ноту модерна в общее прочтение фасада (рис. 9). Здание получилось нарядным и одновременно торжественным, недаром министр промышленности и торговли М. Т. Тимашев, посетивший в 1911 г. Ростов, заметил: «... здание этого училища и его оборудование, созданное на местные средства, могут служить образцом для других коммерческих училищ и составлять гордость г. Ростова»⁵.

В провинции при строительстве учебных заведений эклектика проявилась, прежде всего, в зданиях, выполненных из красного кирпича, который широко стал применяться по всей России: «Полезность может быть стилиобразующим фактором, а основными средствами формообразования являются строительные материалы, конструкция, техника», — считал основоположник рационалистического направления А. К. Красовский, автор книги «Гражданская архитектура» (1851 г.) [8].

Краснокирпичная архитектура конца XIX в. развивалась в двух противоположных направлениях: в рациональном, упрощенном виде, где «кирпичный стиль» стал символом практических устремлений века («Кирпичной» архитектуре принадлежит обширная будущность», — предсказывал архитектор В. П. Куроедов), и в стилизаторстве — «романском», «псевдоготическом» и «псевдорусском стиле» — многообразии «истинно русской многообъемной, свободной композиции, являющей собой самый красивый беспорядок»» [Цит. по 9, с. 64].

⁵ Ростов-на-Дону. Летопись. Университет. РГСУ. URL: <http://www.rgsu.ru/universit/chronicl/> (дата обращения: 08.06. 2014)



Рис. 10. Кременчуг. Алексеевское коммерческое училище, граж. инж. А. Брусницкий (1878 г.)



Рис. 11. Царицын. Городская торговая школа (1908 г.)

Примером «псевдорусского» стиля, воплощающего идеи патриотизма и самобытности, является здание реального училища с коммерческим отделением Астрахани (1884 г.), ставшего частью городского общественного дома (рис. 5), построенного для нужд «совмещения различных административных и культурных функций,... для общественного служения во благо Отечества, стремления к цивилизации и просвещению» [10].

Построенное в 1884 г. по конкурсному проекту академика В. А. Шрётера, здание имеет свободную пространственную форму, собранную как бы из отдельных небольших объемов, характерных для русского зодчества XVII в., где выделяется центральный с шатровым завершением и главным входом. Богатая кирпичная пластика имеет характерные для русского зодчества детали: угловые пилястры с «ширинками» и импостами, образующими треугольные ассоциативные узоры, завершаются аттиком в виде «кокошников»; карниз высокого аттика венчает «бегунец»; главные окна фасада обрамлены кирпичными наличниками с разнообразными узорами. Училище давало знания не только по коммерции, но и по другим наукам, для чего во дворе здания даже была создана обсерватория и разбит парк.

Здание Алексеевского коммерческого училища г. Кременчуга (рис. 10) было построено (1878 г.) А. Брусницким в псевдоготическом стиле, отразившем основные эстетические предпочтения местного населения. Фасадная плоскость ассиметрично разделена высокими гранеными пилястрами с пинаками на отдельные ризалиты с тройными окнами стрельчатой формы, с выделением центрального окна. Междуетажные и карнизные пояски выполнены в кирпичной пластике местной традиции.

Рационалистические идеи А. К. Красовского нашли широкое распространение только в 1870—1890 гг., когда себя окончательно дискредитировал классицизм и отчасти эклектика и пришло новое осмысление принципов формообразования. Конструкция и функция все чаще стали диктовать упрощенную, рациональную форму здания, прежде всего, новой типологии [9], что можно проследить на примере архитектуры Коммерческого училища уездного г. Слуцка Минской губернии (1900 г.). Традиционный ритм одинаковых оконных проемов был дополнен здесь щипцами-фронтами с боковыми отростками парапета; узоры кирпичной кладки, уже не свойственные эстетике «просыпающейся» рациональности, покрывают всю стену тяжелого прямоугольника здания.

Начало нового XX в. характеризуется развитием промышленной революции, в том числе и в строительстве. С приходом новых материалов — чугуна, металла и железобетона — стали возможны новые, рационалистические планировочные решения общественных зданий с укрупненной конструктивной схемой; расширение оконных проемов улучшало инсоляцию помещений; декор фасадов дополнялся новым стилистическим языком модерна. В социальной сфере происходит рост самосознания, возникают различные общества по преодолению неграмотности, развитию женского и профессионального образования. В конце 1889 г. в Санкт-Петербурге состоялось первое Учредительное собрание первого общества для распространения коммерческих знаний, а в 1895 г. подобное общество было создано и в Киеве и затем во многих городах России. Основная задача их определялась как систематическая и всесторонняя работа по поддержке и развитию коммерческого образования на местах.

В архитектуре новый век принес новый стиль — модерн, который пришелся по вкусу нарождающейся буржуазии, так как позволял выразить свое понимание красоты, не сдерживаемое жесткими канонами [11]. Важные изменения произошли и в типологии зданий: отказ от фасадности эклектики позволил развить объемно-пространственную форму зданий, создать более гибкую планировочную структуру, что стало важным пунктом в проектировании общественных и учебных зданий.

Ранний романтический модерн начался с бурных проявлений пластицизма, органической экспрессии и новой декоративности, что проявилось, прежде всего, при строительстве особняков. Учебные здания, как более консервативные по своему образу, испытали влияние модерна позднее, в период рационального модерна.

Примером ярко выраженного модерна является здание частного Коммерческого училища И. С. Рудской г. Славянска, построенное в 1908—1909 гг. (рис. 12). Несмотря на Г-образное в плане здание, основной фасад решен как городской особняк с обилием деталей, характерных для модерна, в украшательской манере, не связанной с назначением здания: полуокружность верхнего окна акцентного элемента, сложное, ступенчатое окно ризалита над входом, многофактурность отделки с накладными, спускающимися вертикальными поясами по закругленным пилястрам углов здания, накладные «таблетки», активный силуэт парапета с ритмом тумб и легкой металлической решеткой. Еще одна характерная черта модерна — формальность в решении композиции входа, где в круглое отверстие проема встроена входная дверь и прямоугольная оконная раскладка. Здание сохранилось и производит впечатление солидного купеческого особняка, сегодня здесь располагается общеобразовательная школа.

Экспрессивный характер модерна, совершенно свободная и формальная трактовка фасада учебного здания представлена в здании Юбилейной торговой школы г. Новочеркаска, построенного в 1907 г. техником-архитектором В. Я. Волошиным и инж. Н. И. Роллером в честь столетнего юбилея основания «Общества донских торговых казаков» [12], внесших большой вклад в становление и развитие города, подъем его экономики (рис. 13). Торговые школы предназначались для кратковременного (до 3-х лет) обучения взрослых и имели более «камерный» характер по сравнению с коммерческими

училищами (обучение в течение 7—8 лет), что позволяло зодчим создавать более компактные здания с оригинальной архитектурой по вкусам мецената-заказчика.



Рис. 12. Славянск. Частное коммерческое училище И. С. Рудской (1909 г.)



Рис. 13. Новочеркасск. Юбилейная торговая школа, арх. Н. И. Волошин (1907 г.)

Архитектура здания демонстрировала новый язык эстетической выразительности. Поиск декоративности фасада становится здесь самоцелью: главный акцент был перенесен на формальную часть здания — на высокие завершения пилонов, поднятых выше карниза, с активным силуэтом горизонтальных «бочек». Криволинейный фронтон в центральной части имел лучковую форму, где была помещена рельефная надпись «Юбилейная», а на боковых — даты: «1807» и «1907». Карниз имел большой вынос и в центральной части здания выгибался над огромным подковообразным окном актового зала. Входная дверь из двух дубовых резных полотен находилась между далеко выступающими фигурными стенками с замысловатым перекрытием. Оформление окон, оформление стен и пилястр были выполнены в одном стиле. Фасад решен двухцветным, на контрасте гладких и фактурных плоскостей. В стиле модерн были выдержаны также интерьеры вестибюля и актового зала.

Переход от романтического модерна к рациональному можно проследить на примере архитектуры зданий Николаевского коммерческого училища г. Екатеринодара (Краснодара). Значительный интерес для исследования представляет первоначальное здание коммерческого училища, построенного (1909 г.) на главной улице города Красной, которая была основной магистралью Екатеринодара (рис. 14). По ней проходила первая линия трамвая, здесь были выполнены бульжные мостовые и располагались главные здания и сады-скверы города. Коммерческое училище открылось в 1908 г. и через год переехало в здание обширной усадьбы Н. И. Доцмана — коммерсанта и главы города [13]. Здесь же в 1911 г. разместилась торговая мужская школа. Оба учебных заведения содержало местное купеческое общество [14].

Здание училища — яркий образец модерна. Одноэтажное, плоское по фасаду здание с большими прямоугольными окнами и высоким ступенчатым фронтоном наклонных очертаний имело симметрично расположенную стили-

зованную рельефную надпись. Здесь же по главной оси располагался жезл Меркурия — бога-покровителя купцов. Декоративное убранство завершалось лепными провисающими гирляндами. Обращение к мифологии — характерная черта модерна. Фасад имел строгую графику — плоский рельеф, отдаленно напоминающий систему укороченных пилястр. Над окнами были расположены декоративные плоскостные полутаблетки. Боковые, заниженные части здания, украшенные карнизами с венчающими балюстрадами, тумбами и вазонами, свидетельствуют о поиске стилевой выразительности в условиях консервативного диктата заказчика. Но, несмотря на это, здание Коммерческого училища Екатеринодара — одно из немногих, где угадывается начало новой архитектурной эстетики XX в.



Рис. 14. Екатеринодар. Николаевское коммерческое училище (1909 г.)



Рис. 15. Екатеринодар. Николаевское коммерческое училище, арх. И. К. Мальгерба (1913 г.)

Училище и торговая школа разрастались, и в 1913 г. они были переведены в новое здание, построенное по проекту арх. И. К. Мальгерба (рис. 15) на углу ул. Новой и Котляревской [15].

Трехэтажное с цокольным этажом здание имеет симметричную угловую композицию, в которой главный вход, раскрытый арочным проемом на два этажа, расположен на срезанном углу. Ось закрепляет треугольный щипец с боковыми тумбами-выступами, характерными для романской архитектуры. Плоскости стен, обращенные на улицы, расчленены пилястрами, метром арочных оконных проемов.

Фасад здания отражает планировочное решение: в боковом ризалите за высокими на два этажа арочными окнами с архивольтами размещается актовый зал училища, главная ось которого поддержана щипцом усложненной формы с круглым акцентным окном. Арка как основной мотив пластики фасада объединяет окна второго и третьего этажа. Пилястры имеют продолжение в виде тумб аттика. Завершает фасад ступенчатый карниз с «сухариками». Кирпичная кладка выполнена двухцветной: основная — краснокирпичная — и декоративная светлого оттенка — в виде двухрядных горизонтальных полос по основному телу фасадов, а также ромбовидная на пилястрах ризалита. Такой прием характерен для застройки Екатеринодара начала века. Эта постройка — пример компромисса эклектики и модерна [16].

Здание в стиле модерн, отличающееся основательностью, масштабом и особым европейским шиком, было построено в Царицыне для городской

Торговой школы в 1908 г., открытой при активном участии местного коммерсанта В. И. Лихачева (рис. 11). Расположенное на пересечении улиц, оно имело ярко выраженную угловую композиционную схему с высоким объемом «башенки», увенчанной классическим куполом с повышенной стрелой подъема и завершающим фонарем. Угловые ризалиты были решены тяжелыми глухими плоскостями с осевым расположением заглубленных окон с балконом. Междуэтажный карниз проходил мощной темой, внося трехчастное деление по вертикали. В целом фасад здания решен на контрасте тяжелых масс и изящных деталей, характерных для модерна. Красивое здание, одно из немногих переживших Сталинградскую битву, было в дальнейшем снесено под новое строительство⁶.

Примером рационального модерна при строительстве здания на 500 учащихся является Коммерческое училище Юзовки (г. Донецк), которое было открыто в 1909 г. под покровительством местного общества «Просвещение» (рис. 16). После длительных согласований и сбора средств было подготовлено подробное задание на проектирование и строительство учебного здания, которое было выполнено инженером бельгийским подданным И. А. Гобье на его собственные средства в 1912 г.⁷

Кирпичное двухэтажное здание с высоким цоколем было построено в стиле рационального модерна с выделением центрального ризалита и оформлением его высокими арочными окнами актового зала и криволинейного фронтона с боковыми тумбами. Разрезка окон в мелкую клетку, декоративная отделка фасада с использованием двухцветной кирпичной кладки с формальным рисунком, высокий оштукатуренный цоколь с ритмом междуоконных фигурных столбиков характерны для модерна. Внутренняя планировка училища имела: 13 классных комнат, 3 кабинета физики, химии, естествознания, рисования, а также актовый зал, библиотеку. В цокольном этаже располагались столовая, раздевалка, кабинет врача и вспомогательные помещения, также был выделен блок личных покоев директора училища. Двор вмещал хозяйственные постройки, площадку для занятий на свежем воздухе, оранжерею для проведения занятий, метеостанцию.

Коммерческое училище в Бердичеве было построено в 1908 г. на центральной улице торгового города и на долгие годы стало его украшением (рис. 17). Объемно-пространственная композиция здания решена по классической осевой, симметричной схеме с выделением центрального и боковых ризалитов. Главная ось закреплена входной группой и огромным порталом-окном арочного типа, раскрывающим здание на 2,5 этажа и придающим учебному зданию образ торгового пассажа, которое местное население в шутку называло «воротами, открывающими путь в Киев, Хорьков и Санкт-Петербург». Окна играют главную роль в формировании фасада, их значительная площадь уже спорит с массой основной стены, а разнообразие форм

⁶ Учебные заведения Царицына. Царицын. Информационный портал РФ. URL <http://царицын.рф/oldphoto/tsaritsyn/62-uchebnye-zavedeniya-caricyna.html> (дата обращения: 08.06. 2014)

⁷ Юзовское коммерческое училище. Донецк: история, события, факты. История организации и строительства. URL: <http://infodon.org.ua/pedia/823> (дата обращения: 08.06. 2014)

нарушает монотонность. Значение главного ризалита усилено за счет активного силуэта высоко поднятых над парапетом двух симметричных тумб с вазами. Оси боковых ризалитов также поддержаны возвышением парапета и формой центрального окна, а также высоким выступом слуховых окон на две стороны. Пластика фасада умело решена кирпичным узором местных национальных традиций.



Рис. 16. Юзовка. Коммерческое училище Юзовского общества «Просвещение», инж. И. А. Гобье (1908 г.).



Рис. 17. Бердичев. Коммерческое училище (1908 г.)

Выгодное градостроительное расположение здания коммерческого училища — на главной улице вблизи центральной площади Бердичева — и его общепризнанная красота подтверждаются тем фактом, что именно здесь проходили городские торжества в честь 300-летия царствования дома Романовых (1913 г.), а позднее, в 1925 г., здесь был установлен памятник В. И. Ленину.

Примером рационалистического модерна является новое здание II Екатеринославского Коммерческого училища (открытого в 1902 г.), построенного на одной из главных площадей г. Екатеринослава — на пл. Базарной — под покровительством Общества взаимовспомоществования приказчиков в 1910 г. (рис. 18). Двухэтажное здание на 200 учащихся имело плоский фасад с выделением центрального элемента высоким подъемом строения, до завышенных арочных окон второго этажа. Большие одинаковые окна, необходимые по нормам инсоляции помещений, на плоском фасаде формируют облик учебного здания, декор которого сформирован только за счет кирпичной кладки.

Модерн, оставаясь стилем столиц и новоявленной буржуазии, не нашел должной поддержки в обширной российской провинции, и уже в первом десятилетии нового века общество вновь обратило свои взоры к истокам старых исторических стилей: ретроспективизм проявился в неоклассицизме, полагая, что четкая и гуманистическая основа его поможет вывести русскую архитектуру из творческого тупика, в которое привело ее развитие капитализма [17].

Ретроспективизм в архитектуре зданий коммерческого образования проявился и в обращении к своим национальным корням, в поиске языка эстетической выразительности местных традиций и религиозной принадлежности, что можно проследить на примере зданий коммерческих училищ преимущественно западных территорий Украины (Святоши, Голты, Кобеляки и пр.).

В архитектуре здания Александровского коммерческого училища им. статс-секретаря графа С. Ю. Витте города Запорожья (рис. 8), несмотря на его традиционное классическое объемно-пространственное решение, акцентные элементы ризалитов с характерной формой кровли с изогнутым куполом, увенчанным высоким шпилем, а также валюты на центральном ризалите дают явный посыл к западноевропейскому барокко в его католическом выражении.



Рис. 18. Екатеринослав. II коммерческое училище Общества взаимопомоществования приказчиков (1910 г.)



Рис. 19. Екатеринославское I коммерческое училище им. государя императора Николая II, арх. Скоробогатов (1905 г.).

Общественные постройки в неоклассическом стиле вновь обрели классические пропорции и ордерную систему в качестве главного композиционного элемента. В Екатеринославле — губернском центре Азовской губернии, развивающемся по новому генеральному плану с широкими бульварами, площадями и имеющем широкую сеть образования, включающую два коммерческих училища, — решено было построить новое коммерческое училище на свободном пространстве Тюремной площади, подлежащей дальнейшему градостроительному развитию. Здесь планировалось разбить городской сквер, который должен был стать частью продуманной системы городского озеленения. Здание было построено в 1905 г. по проекту арх. Скоробогатова в лучших традициях неоклассики с торжественным четырехколонным портиком коринфского ордера и высоким аттиком на главном ризалите (рис. 19), а также с ренессансным глубоким рустом практически всего фасада. Торжественность и простота, красота пропорций, рациональное прочтение и духовность архитектуры здания были высоко оценены горожанами, что способствовало присвоению (1907 г.) коммерческому училищу имени государя императора Николая II.

Высшее коммерческое образование в России начало формироваться на рубеже XIX—XX вв. в виде коммерческих отделений при политехнических институтах. В южных губерниях оно было представлено коммерческим отделением при Киевском политехническом институте (арх. И. Китнер, 1901 г.) и при Донском политехническом институте в Новочеркасске (арх. Б. С. Рогуйский, 1907—1912 гг.) [18]. Созданный в Киеве Коммерческий институт был правопреемником частных Высших коммерческих курсов (1906 г.) и располагался изначально в съемном здании, которое в дальнейшем был реконструировано и расширено под новые функции.



Рис. 20. Харьковский коммерческий институт. Конкурсный проект, арх. А. Бекетов (1916 г.).



Рис. 21. Харьковский коммерческий институт, арх. А. Бекетов (1916 г.)

Наибольший интерес для исследования представляет здание, специально построенное для Харьковского коммерческого института арх. А. Бекетовым в 1916 г. [6]. Первоначальный конкурсный проект института был выполнен в ретроспективном стиле неоклассики с отсылкой к итальянскому возрождению (рис. 20): с четырехколонным портиком и активной пластикой фриза главного фронтона, украшенного по углам скульптурой. Но в дальнейшем проект был переделан в стилистике рационального модерна (рис. 21), где главный акцент был сделан на центральный ризалит с тройным полуциркульным окном и венчающим аттиком. Арочные окна верхнего этажа стали главной темой фасада, которая была поддержана на ризалитах первого этажа, а тяжелый руст придал основательности большому объему здания. Консервативная архитектура была дополнена новейшими инженерными системами и коммуникациями, акустическими нововведениями при устройстве аудиторий.

Выводы. Архитектура зданий коммерческого образования южных губерний России развивалась в соответствии с архитектурой всей страны. Особенности географического положения и отлаженные вековые торговые связи способствовали возникновению и развитию коммерческого образования на данной территории еще в первой стадии его развития наравне со столичными городами, а в дальнейшем быстрое накопление капитала и финансовая независимость заказчика активно влияли на строительство зданий коммерческого образования.

Вследствие этого архитектура зданий коммерческого образования юга Российской империи прошла путь от классицизма, через разные направления эклектики, к модерну и ретроспективизму, при этом обогатила типологию проектирования учебного здания различными образцами планировочного решения от реальных училищ, коммерческих училищ, торговых школ до коммерческого института.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Костриков С. П.* Становление и развитие коммерческого и управленческого образования в России. Конец XVIII — начало XX в.: дис... д-ра истор. наук. М.: Гос. ун-т управления, 2012. 42 с.
2. *Полевщикова Е. В.* Французы в учебных заведениях Одессы. 1803—1822 гг. // Французский ежегодник. 2011. С. 110—126.
3. *Корченев В.* Коммерческое училище Файга // Вестник. URL: <http://www.vestnik.com/issues/1999/0302/win/korchen>
4. *Киреева Т. В.* Архитектура зданий коммерческого образования России XVIII—XIX вв. // Приволжский научный журнал. 2013. № 2 (26). С. 82—85.
5. *Пилявский В. И.* Архитектура Одессы: стиль и время. Литературно-историческое эссе. Одесса: Optimum. 2010. 11 с.
6. *Дудкина Д.* Лучший архитектор юга России // Наше Наследие. Электронный журнал. 2009. № 92. URL: <http://nasledie-rus.ru>
7. *Бубис И. М.* Творчество архитектора А. И. Бернардацци. URL: <http://www.oldchisinau.com/lib/bernardazzi.html>.
8. *Борисова Е. А.* Русская архитектура второй половины XIX / АН СССР; Всесоюзный ин-т истории искусствознания. М.: Наука, 1979. 319 с.
9. *Бубнов Ю. Н.* Архитектура Нижнего Новгорода середины XIX — начала XX века. Н. Новгород : Волго-Вят. кн. изд-во, 1991. 176 с.
10. *Савельев Ю. Р.* Искусство «историзма» в системе государственного заказа второй половины XIX — начала XX века: дис... д-ра искусствовед. СПб., 2006. 45 с.
11. *Бурыйшкін П. А.* Москва купеческая. М.: Высшая школа, 1991. 155 с.
12. *Репников В.* История Новочеркасска. Про торговых казаков // ПРОБизнес. Новочеркасск. 2013. № 14 от 14.08.2013.
13. *Рожков А. Ю.* Обновленцы и мученики // Дело мира и любви: очерки истории культуры и православия на Кубани. Краснодар, 2009. 133 с.
14. *Шахова Г.* Улицы Краснодара рассказывают... (история города в рассказах об улицах, площадях, скверах). Книга вторая. Краснодар: ООО «Полиграфист», 2002. 209 с.
15. *Бардадым В. П.* Архитектура Екатеринодара. Краснодар: Сов. Кубань, 2002. 256 с.
16. *Бондарь В. В.* Комплексное историческое исследование российского города: концептуальные принципы // Голос минувшего: Кубанский исторический журнал. 1998. № 1—2. С. 4.
17. *Борисова Е. А.* Русская архитектура конца XIX — начала XX века / АН СССР. Ин-т истории искусств. М. : Наука, 1971. 239 с.
18. *Киреева Т. В.* Архитектура зданий высшего коммерческого образования Российской империи начала XX вв. // Приволжский научный журнал. 2014. № 3. С. 132—135.

© Киреева Т. В., 2015

Поступила в редакцию
в апреле 2015 г.

Ссылка для цитирования:

Киреева Т. В. Архитектура зданий коммерческого образования юга России XIX — начала XX вв. // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 181—197.

Об авторе:

Киреева Татьяна Валентиновна — канд. филос. наук, доцент, доцент кафедры ландшафтной архитектуры, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ННГАСУ). Российская Федерация, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65, tkireeva2005@yandex.ru

T. V. Kireeva

**ARCHITECTURE OF BUILDINGS OF COMMERCIAL EDUCATION
IN THE SOUTH OF RUSSIA IN XIX — BEGINNING OF XX CENTURIES**

The article provides the first generalized description of the architecture of the buildings of commercial education in the southern provinces of the Russian Empire. In the indicated period of the emergence and development of commercial education four stages of the formation of the architecture of the school building were marked: late classicism, eclecticism, art Nouveau and retrospective re-

view, for each of which were revealed the basic layout and style characteristics, defined national characteristics and development trends in relation to the peculiarities of commercial education.

Key words: architecture of the buildings of commercial education, architecture of commercial schools, commercial schools, non-classical secondary schools; architecture of educational buildings.

REFERENCES

1. Kostrikov S. P. *Stanovlenie i razvitie kommercheskogo i upravlencheskogo obrazovaniya v Rossii. Konets XVIII — nachalo XX v.* [Formation and development of commercial and managerial education in Russia. The end of XVIII — the beginning of the XX century. Dr. Hystor. Sci. Dis.]. Moscow, State University of Management, 2012. 42 p.
2. Polevshchikova E. V. [Frenchmen in educational institutions of Odessa. 1803—1822]. *Frantsuzskii ezhegodnik* [French year-book], 2011, pp. 110—126.
3. Korchenov V. [Commercial school named after G. F. Feig]. *Vestnik* [News]. URL: <http://www.vestnik.com/issues/1999/0302/win/korchen>
4. Kireeva T. V. [Architecture of commercial schools in Russian in XVIII—XIX]. *Privolzhskii nauchnyi zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal], 2013, no. 2(26), pp. 82—85.
5. Pilyavskii V. I. *Arhitektura Odessy: stil' i vremya. Literaturno-istoricheskoe esse* [Architecture of Odessa: style and time. Literary and historical essay]. Odessa, Optimum Publ., 2010. 11 p.
6. Dudkina D. [The best architect of the South of Russia]. *Nashe Nasledie. Elektronnyi zhurnal* [Our Heritage. Online magazine], 2009, no. 92. URL: <http://nasledie-rus.ru>
7. Bubis I. M. *Tvorchestvo arkhitekora A. I. Bernardatstsi* [Works of architect A. I. Bernardatstsi]. URL: <http://www.oldchisinau.com/lib/bernardazzi.html>.
8. Borisova E. A. *Russkaya arhitektura vtoroi poloviny XIX v.* [Russian architecture in the second half of XIX]. Moscow, Nauka Publ., 1979. 319 p.
9. Bubnov Yu. N. *Arhitektura Nizhnego Novgoroda serediny XIX — nachala XX veka* [Architecture of Nizhnii Novgorod in the middle of XIX — the beginning of the XX century]. Nizhnii Novgorod, Volgo-Vyatskoe Publishing House, 1991. 176 p.
10. Savel'ev Yu. R. *Iskusstvo «istorizma» v sisteme gosudarstvennogo zakaza vtoroi poloviny XIX — nachala XX veka* [Art of “historicism” in the system of state order in the second half of XIX — the beginning of the XX century. Dr. of Art Hyst. Diss.]. Saint Petersburg, 2006. 45 p.
11. Buryshkin P. A. *Moskva kupecheskaya* [Merchant Moscow]. Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 1991. 155 p.
12. Repnikov V. [History of Novocherkassk. About merchant Cossacks]. *PRObusiness. Novocherkassk*, 2013, no. 14, 14.08.2013.
13. Rozhkov A. Yu. [Renovationists and martyrs]. *Delo mira i lyubvi: ocherki istorii kul'tury i pravoslaviya na Kubani* [Cause of peace and love: essays on the history of culture and Orthodoxy in Kuban]. Krasnodar, 2009. 133 p.
14. Shakhova G. *Ulitsy Krasnodara rasskazyvayut... (istoriya goroda v rasskazakh ob ulitsakh, ploshchadyakh, skverakh). Kniga vtoraya* [Streets of Krasnodar tell... (city history in the stories about streets, squares, parks). Second book]. Krasnodar, Poligrafist Publ., 2002. 209 p.
15. Bardadym V. P. *Arhitektura Ekaterinodara* [Architecture of Ekaterinodar]. Krasnodar, Sovetskaya Kuban' Publ., 2002. 256 p.
16. Bondar' V. V. [Comprehensive historical research of Russian city: conceptual principles]. *Golos minuvshego: Kubanskii istoricheskii zhurnal* [Voice of the past: Kuban historical magazine], 1998, no. 1—2, pp. 4.
17. Borisova E. A. *Russkaya arhitektura kontsa XIX — nachala XX veka* [Russian architecture in the end of XIX — the beginning of the XX century]. Moscow, Nauka Publ., 1971. 239 p.
18. Kireeva T. V. [Architecture of buildings of higher business education of the Russian Empire in the early XX]. *Privolzhskii nauchnyi zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal], 2014, no. 3, pp. 132—135.

For citation:

Kireeva T. V. [Architecture of buildings of commercial education in the south of Russia in XIX — beginning of XX centuries]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 181—197.

About author:

Kireeva Tat'yana Valentinovna — Candidate of Philosophy, Docent, Docent of Landscape Architecture Department, Nizhnii Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering. 65, Il'inskaya st., Nizhnii Novgorod, 603950, Russian Federation, tkireeva2005@yandex.ru

УДК 72.03:94(495)

О. С. Субботин

Кубанский государственный аграрный университет

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ РАННИХ ГОРОДОВ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Анализируется архитектурно-градостроительная культура ранних городов Черноморского побережья — древнегреческих колоний Боспора Азиатского, которые, в отличие от других поселений, отличались высокой и развитой формой организации жилой среды обитания. Обозначено, что указанные древнегреческие колонии являлись сформированным социально-экономическим и архитектурным организмом своего времени. Акцентируется внимание на архитектурно-планировочной структуре рассматриваемых городов и поселений. Отмечено, что данные древнегреческие города располагались на морском побережье, около бухт, удобных для захода кораблей.

К л ю ч е в ы е с л о в а: древнегреческие колонии, Боспор, царство, город, архитектура, формирование, наследие, памятники, культура.

Примечателен тот факт, что более известный период истории отечественного градостроительства до нашей эры представлен такими южными городами, как Фанагория, Танаис, Синдская Гавань, Гермонасса и т. п., появившимися на восточной части Боспорского царства. Древнегреческая колонизация Северного Причерноморья входит в процесс общегреческого колонизационного движения VIII—VI вв. до н. э. (Великой греческой колонизации), являясь одним из основных его направлений. Временные рамки древнегреческой колонизации Северного Причерноморья охватывают период с середины VII по V вв. до н. э. Указанная колонизация проходила поэтапно на нескольких направлениях: западном (Нижнее Побужье и Нижнее Приднестровье, Западный и Юго-Западный Крым) и восточном (оба берега Керченского пролива, побережье Кавказа и Приазовья). Наряду с этим в ходе колонизации было основано множество полисов и поселков. Самые крупные из них: Боспор Киммерийский, Ольвия, Херсонес Таврический, Фанагория, Тира, Нимфей, Гермонасса (рис. 1).

На северном побережье Понта Эвксинского (ныне Черное море) образовались древнегреческие колонии, большинство из которых было построено выходцами из малоазийской Греции (Ионии). В то же время при основании колонии сохранялась политическая организация, традиции, обычаи и уклад метрополии, и такие города Причерноморья представляли собой, как правило, типичные эллинские полисы, имевшие все атрибуты демократического устройства. Одновременно эти колонии были полисами с независимым статусом, как и сама метрополия, и зарождались в важных центрах посреднической торговли в Древнем мире, являясь ярким примером оригинального транзита достижений цивилизации и культурного развития.

Когда-то независимые города-государства в V в. до н. э. начинают объединяться в одно рабовладельческое государство — Боспорское царство. Территориальные границы на западе достигали Феодосии, а на востоке правители Боспора подчинили себе меотские племена в низовьях реки Кубань и Восточного Приазовья.



Рис. 1. Греческие города-колонии в Северном Причерноморье в античную эпоху

Боспорское царство — античное государство, объединившее в древности греческие колонии Восточного Крыма (Боспор Европейский) и Таманского полуострова (Боспор Азиатский), а в первые века н. э. — г. Танаис в устье Дона. Создание царства относится к 480 г. до н. э., когда архонт Археанакт захватил власть в городе Пантикапей (на месте современного г. Керчь), в прилежавших к нему городах Мирмекий и Тиритака и крупнейших городах Азиатского Боспора, входивших до этого в добровольный и равноправный союз. Объединение диктовалось необходимостью совместного отпора местным варварским племенам (скифам, меотам, таврам), борьбой с последними за земельные угодья и торговыми интересами. К моменту объединения античные колонии Восточного Крыма и Тамани имели прочные торгово-экономические связи между собой, они были образованы выходцами из одного региона (Ионии), что способствовало их дальнейшему сплочению. Поддержку молодому государству оказали населявшие Таманский полуостров синдзы: с их помощью строится так называемый Тиритакский вал на западной границе Европейского Боспора, прикрывший от ударов скифов Пантикапей, Тиритаку, Мирмекий, Порфмий и Парфений. Создание единого царства на Боспоре и победы балканских греков в войнах с персами способствовали развитию торговли между Пантикапеем и Грецией: цари Боспора стали основными поставщиками хлеба в Афины, в ряд древнегреческих государств и на острова Эгейского моря. Развивается сельское хозяйство Боспора, в хлебную торговлю и работоторговлю вовлекаются племена меотов Прикубанья. Навстречу транспортам с зерном и рабами из Греции на Боспор устремляются корабли с вином, оливковым маслом, художественной керамикой, украшениями и др. На Боспоре высокого развития достигают ремесла, и прежде всего гончарное и металлургическое [1].

Следовательно, на первоначальных этапах шло формирование поселений на основе градообразующих сельскохозяйственных предприятий (в основном на пересечении торговых путей и кустарной промышленности), затем последовали следующие этапы развития промышленности в отдельных городах, что способствовало резкому расширению их границ. Таким образом, становление

городов Боспорского царства происходило на основе торговых и мелкоременных отношений. Групповые системы расселения древнегреческих колоний Восточного Крыма и Таманского полуострова формировались в зонах влияния крупных поселений, выполняющих функции связующих центров. При организации таких систем расселения обеспечивалось более эффективное кооперирование сельскохозяйственного и промышленного производства, рост численности населения.

Археологические исследования в Прикубанье, Тамани, в окрестностях Анапы и Новороссийска показывают, что многие крепости на юго-восточных рубежах Боспора возникли как единое военно-стратегическое целое [2] (рис. 2).

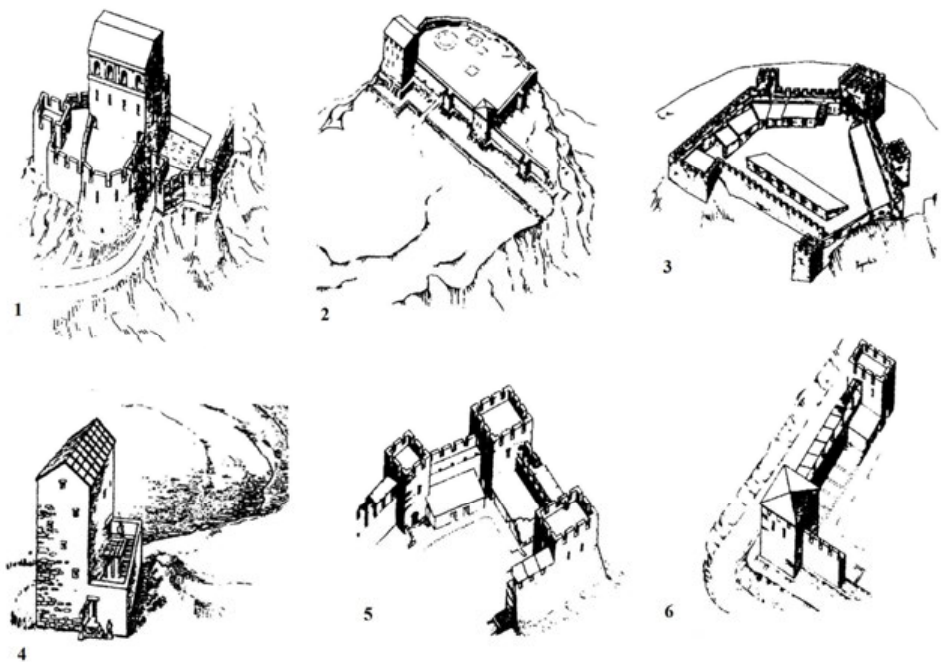


Рис. 2. Укрепления и крепости Боспора I в. до н. э. — I в. н. э. Реконструкции: 1 — цитадель акрополя Пантикапея (по В. П. Толстикову); 2 — Опук (по В. П. Толстикову); 3 — дом-башня на Узундарском валу (по А. А. Масленникову); 4 — Кутлак (по С. Б. Ланцову); 5 — Батарейка II (по В. П. Толстикову); 6 — Батарейка I (по В. П. Толстикову) [2]

Боспор Азиатский — восточная часть Боспорского царства, занимавшая Таманский полуостров, часть Черноморского побережья до современного города Геленджик. Номинально сюда включались территории некоторых меотских и протоадыгских племен, в то или иное время подчинявшихся боспорским царям. Столицей Боспора Азиатского считался город Фанагория. Из городов известны Кепы, Гермонасса, Горгиппия, Баты, Торик. Греческие колонисты находились в тесном контакте с местными племенами меотов, а также синдами, зихами, ахеями, гениохами и др., с кочевыми скифами и сменившими их сарматами. В 208 г. здесь, по сведениям древних историков, действовала коллегия аланских переводчиков. Города Боспора Азиатского сыграли большую роль в развитии культуры местных и кочевых «варварских» племен. В частности, есть мнение о формировании под греческим влиянием государства у синдов.

В свою очередь, боспориты переняли ряд достижений местной культуры и во многом слились с представителями кубанских племен. Появление первых городов Боспора Азиатского относится к VI—V вв. до н. э. В V—IV вв. до н. э. они входят в состав Боспорского царства. В III в. н. э. часть из них разрушаются и грабят бораны и готы, а в IV в. — гунны [1].

Наиболее густо заселенной была прибрежная часть Керченского пролива, называвшегося в древности Боспором Киммерийским. На азиатской стороне Боспора Киммерийского появились следующие города:

Гермонасса — основана милетянами в первой четверти VI в. до н. э. Город существовал и в последующие исторические эпохи, меняя размеры и названия;

Кепы — основан милетянами в 580-е — 570-е гг. до н. э. В период расцвета города его площадь достигала 20...25 га [3];

Коркондама;

Патрей — основан не позднее третьей четверти VI в. до н. э.;

Фанагория — основана вскоре после 543 года до н. э., крупнейший город на азиатской стороне Керченского пролива;

Киммерий;

Ахиллий;

Бата.

Фанагория — античный город, который наряду с Пантикапеем был одной из двух столиц эллинистического Боспорского царства, располагался на северо-восточном берегу Черного моря. Однако точное его местоположение не известно.

По данным научного источника, «древняя Фанагория находилась в 22 верстах от нынешнего города Тамани, по дороге к Темрюку, на берегу Таманского залива, где почтовая станция Сенная. Вдоль морского берега на протяжении 6 верст тянутся многочисленные курганы и насыпи; в центре расположена ровная площадь — городище или пепелище. Вся северная прибрежная часть древнего города покрыта водами Таманского залива».

Являясь вторым большим городом, Фанагория была окружена мощной каменной стеной. В градостроительном отношении имела правильную планировку, улицы размещались под прямым углом друг к другу. Территориально Фанагория разделялась на нижний и верхний город. В настоящее время, ввиду частичного опускания берега и наступления моря, часть античного города ушла под воду. Следует отметить, что центр находился на нижнем плато, и там размещались культовые учреждения, крупные общественные здания, статуи древнегреческих богов Афродиты, Аполлона. Значительное внимание уделялось благоустройству, при этом улицы были вымощены, а под мостовыми имелись водостоки для отвода дождевых вод. Наряду с этим город имел множество колодцев с каменной выкладкой. В одной из частей Фанагории располагалось большое общественное здание с колоннадой, которое предназначалось для физической культуры. В домах богатых рабовладельцев стены комнат оштукатуривались и покрывались росписью. Квартал гончаров располагался на юго-восточном краю города.

* Энциклопедический словарь Ф. А. Брокгауза и И. А. Ефрона. СПб.: Брокгауз-Ефрон, 1890—1907.

В начале X в. Фанагория была заброшена жителями вследствие влияния природных факторов — повышения уровня моря и занесения русел Кубани. Позднее Фанагория уступила первенство на полуострове Таматархе-Тмутаракани. В XI в. на руинах Фанагории существовало небольшое поселение, а в XVI—XVIII вв. на этом месте находилось поселение, входившее в состав Османской империи.

В Фанагории была очень ранняя христианская община, которая появилась еще до того, как христианство проникло далее, на территорию будущей Руси. Этот огромный город отличается от прочих тем, что на его поверхности нет ни одного современного здания, и это позволяет осуществлять любые научные и прочие проекты на этой территории [4].

Фанагорийская крепость, построенная А. В. Суворовым в 1793—1795 гг., расположена на берегу Таманского залива на восточной окраине современной станции Тамань, имеющей почти трехтысячелетнюю историю (рис. 3). С первого тысячелетия до н. э. здесь существовали, сменяя друг друга, античная Гермонасса, хазарская Матлука-Таматарха, русская Тмутаракань, половецкая Матарха, татарская Матрика, генуэзская Матрега, турецкая крепость Таман, временная столица Черноморского казачьего войска город Тамань. При строительстве Фанагорийской крепости в качестве строительного материала использовались камни из развалин Таманской крепости. В приказе фанагорийского начальника Белого говорится, что Суворов «повелел взять близ лежащих развалин Таманской крепости стен и башен камень и сверх того все мраморные камни и другие древние вещи, имеющие на себе достопамятные знаки, кои и хранить для приличного употребления на новую крепость». За нарушение приказа казаки наказывали киями и палками, так как с момента переселения казаки выламывали из развалин цитадели и замков тесаный камень и использовали его как для постройки своих хат, так и для продажи.

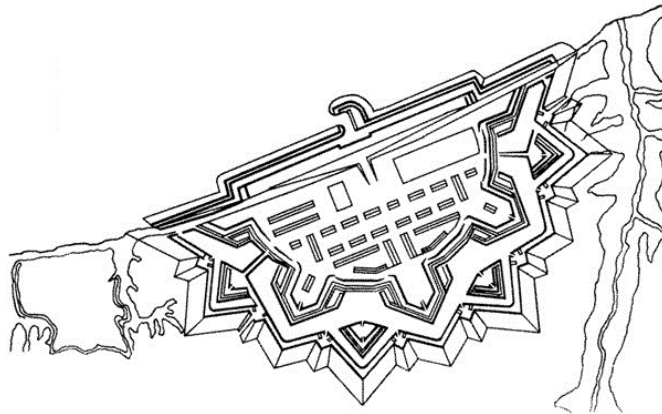


Рис. 3. Чертеж крепости Фанагория

В течение последних лет в Фанагории сделаны очень важные и большие открытия. Здесь было открыто необычное сооружение, которое называется по-русски «ряж». Оно представляет собой клетку из бревен, заполненную камнями. Это своеобразный подводный фундамент, на котором были по-

строены портовые сооружения. Археологи не знают, каковы были эти портовые сооружения, но этот «ряж» сохранился великолепно, и очень важно то, что он был заполнен камнями из города. В результате в «ряже» оказались древнегреческие надписи, фрагменты статуй, постаменты под статую, архитектурные детали и многое другое. В настоящее время город оказался между двух поселков, и здесь действительно нетронутый ландшафт со своей ярко выраженной спецификой [5].

Особое внимание заслуживает и древнегреческая колония Горгиппия. Люди оценили удобства Анапской бухты и плодородие прилегающих к ней земель в далеком прошлом. Около 2500 лет тому назад здесь возникло поселение. Греческие мореходы, посещавшие берега Черного моря, назвали его Синдской гаванью по имени синдов, которые населяли этот район. Потом поселение превратилось в город, получивший имя Горгиппия (рис. 4), и это название сохранилось за ним в течение всего античного периода, то есть вплоть до IV в. н. э. В эпоху Средневековья на месте города помещалась генуэзская крепость Мапа, а позднее турецкие авторы называют находившееся там укрепление Анапой [6].



Рис. 4. Раскопки древнего города Горгиппия

Существует несколько версий происхождения названия города. По некоторым данным оно происходит из абхазского языка: «анна-пэ» — рука, у рукава реки, т. е. пункт, расположенный в устье реки; по другим, это название первоначально было присвоено мысу и с черкесского переводилось как «ана-пе» — «край стола» («анне» — стол, «ппе» — край) [7].

В 1960 г. были начаты систематические археологические раскопки на месте, где сейчас находится заповедник «Горгиппия» (рис. 5).

Была открыта улица II—III в. н. э., то есть последнего периода жизни античного города. Ее проезжая часть шириной 5,5 м была во II в. н. э. вымощена большими плоскими камнями, по бокам ее, вдоль домов, тянулись тротуары. Некоторые из плит вымостки имеют длину более 2 м и ширину 1 м.

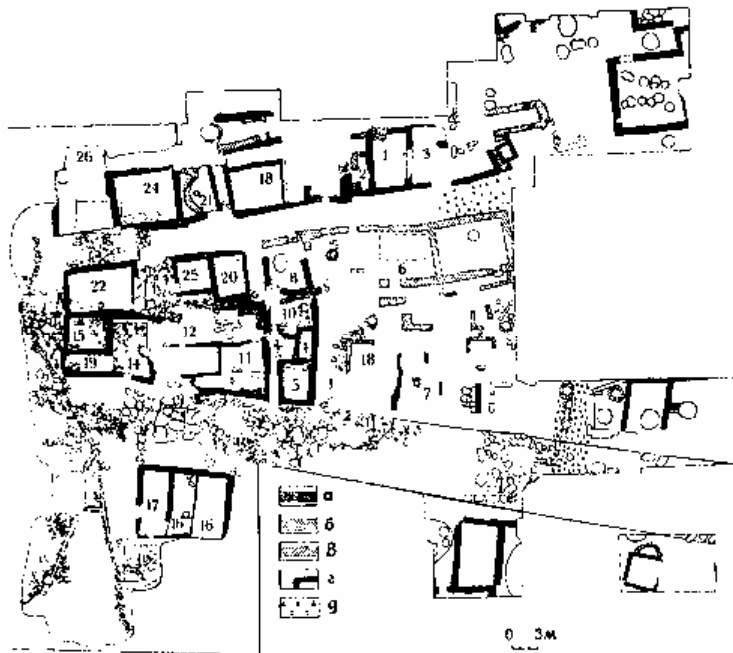


Рис. 6. План раскопа «Город». Археологический заповедник «Горгиппия»

Важное значение имеет археологическое открытие крепостей близ Новороссийска. Поселение Владимировка, прямоугольное в плане, площадью 198 м^2 , возникло II—I в. до н. э. и погибло в середине I в. н. э. при сильном пожаре. Поселение Цемдолинское, прямоугольное, площадью $150 \times 100 \text{ м}^2$, включало большое каменное здание 212 м^2 с двумя смежными помещениями и полукруглой башней, значительные оборонительные стены. Эта крепость существовала во II—I в. до н. э., здесь встречается много местной лепной керамики [8] (рис. 7).

В середине III в. н. э. в Северное Причерноморье вторглись полчища готов. Они захватили Боспорское царство, беспощадно разрушив многие его города, в том числе Горгиппию. А спустя столетие на Боспор ринулись воинственные орды гуннов. Они довершили уничтожение некогда цветущих городов царства.

На многие века эти земли стали полем сражений готов с гуннами, гуннов с эвдусианами, которых сменили воинственные хазары. В середине X в. на Тамани появляются славяне-русы. Очевидно, это было связано с походом киевского князя Игоря на Византию в 944 г. Его сын Святослав Игоревич в ходе хазарского похода захватил город Тмутаракань (сегодня станица Тамань Темрюкского района). В 985—986 гг. Тмутараканское феодальное княжество, южные границы которого проходили в районе нынешней Анапы, перешло под власть Киевской Руси [9].

Печальна судьба Боспорского царства. Так, в I в. до н. э. оно попадает в зависимость от малоазийского Понтийского царства, а позднее — от Римской империи, для которой Северное Причерноморье стало рядовой захолустной северо-восточной окраиной.

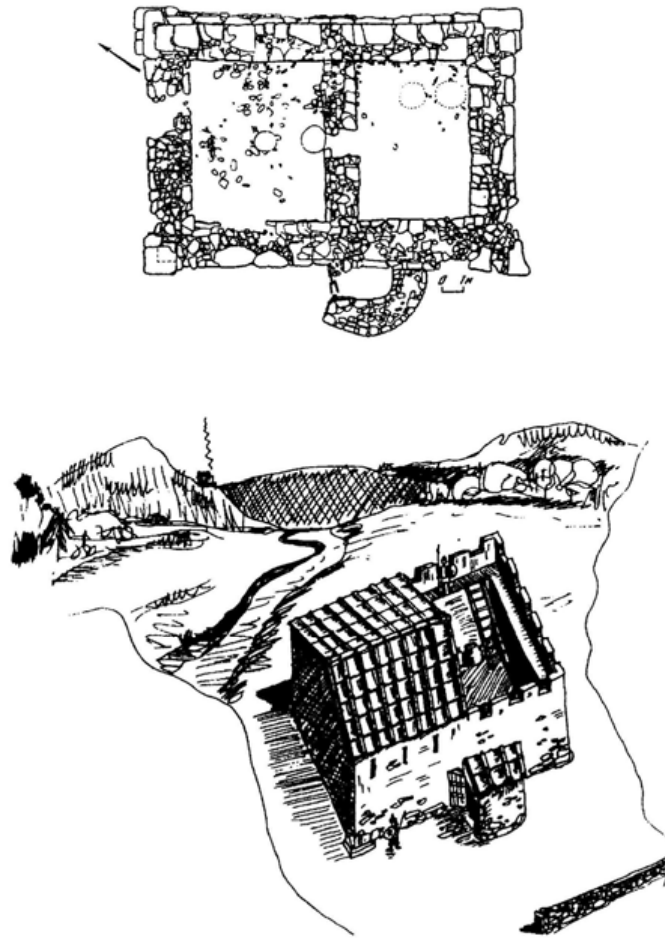


Рис. 7. Укрепленное поселение Цемдолинское близ Новороссийска. План и реконструкция Н. А. Онайко и А. А. Масленникова [8]

Трагическая участь постигла практически все греческие полисы Причерноморья. Они погибли или перенесли глубочайший кризис во времена Великого переселения народов. Больше всего «продержался» Херсонес (ввиду того, что находился в составе Римской, а затем Византийской империй) — до 1399 г., когда был разрушен войсками Тимура и окончательно заброшен. Греческие колонии являлись форпостом античной, а позднее христианской цивилизации юго-восточной Европы. Примечательно, Херсонес был знаковым городом в истории России. Именно здесь в IX в. крестился великий князь киевский Владимир, отсюда же на север шло распространение христианства на Русь.

В реконструкции палеоэкологии округа Фанагории важнейшую роль играет изучение его «рукотворной» составляющей — античных поселений, некрополей, оборонительных сооружений, древней дорожной сети, античных земельных наделов. В целом в дальней и ближней сельской округе Фанагории выявлено около 80 древних поселений, датируемых очень широко — от

Античности до позднего Средневековья. К античному времени (VI в. до н. э. — IV в. н. э.) относится не менее 70 поселений, образующих сложную поселенческую систему — инфраструктурную основу аграрной экономики античной Фанагории [10].

Рис. 8 наглядно иллюстрирует сравнительные характеристики двух объектов культурного наследия древнегреческих колоний Боспорского царства — Горгиппии и Фанагории, расположенных на Черноморском и Азовском побережьях Кубани. К числу факторов, оказывающих воздействие на указанные объекты культурного наследия, относятся природно-климатические и геологические. Немаловажная роль в данном случае принадлежит и активному строительству на указанных территориях.



Рис. 8. Сравнительная характеристика объектов культурного наследия древнегреческих колоний Боспорского царства

Развитие зодчества в период эллинизма связано во многом со стремлением правителей прославить могущество своих монархий в архитектурно-градостроительных памятниках, основанием крупных городов в дальних районах античной провинции, куда достигали греческие воины. При этом в строительстве применялись такие же материалы, как и в классическую эпоху — мрамор, известняк, дерево, сырцовые кирпичи, чаще использовался обожженный кирпич. В архитектуре широкое распространение получили фрески и особенно мозаики, плохо сохранившиеся до наших дней.

Совершенствование приемов обработки глины привело к изобретению кирпича — рукотворного камня: из глины, смешанной с водой, лепили или формовали кирпичи, а затем обжигали в печи. Обжиг при высокой температуре заметно повышал прочность глины, приобретшей завидные свойства: высокую механическую прочность, легкость, упругость, устойчивость к деформациям, долговечность, хорошие теплоизолирующие качества, способность к «естественному» регулированию влажности. Необожженный кирпич еще до изобретения обжиговых печей и до греко-римской античности был самым используемым искусственным материалом: кирпич сравнительно недорог и может применяться почти во всех тех постройках, которые сооружаются из камня, требуя при этом куда меньших затрат труда и времени.

Византийские умельцы стремились обогатить цветовую гамму кирпича, придавая ему различные оттенки, для чего подбирали различные добавки для той смеси, из которой формовались кирпичи, и меняли время обжига [11].

Стены византийских сооружений отличаются от стен зданий западной архитектуры одной особенностью, происхождение которой относится к древнейшему периоду архитектуры: в их толщу заложены продольные и поперечные брусья [12]. В греческой архитектуре деревянные продольные балки поддерживали тяжелые поперечные, которые, в свою очередь, несли распор наклонных балок крыши. Такая крыша не могла перекрыть большое пространство без внутренних опор колонн. Позднее элементы этой балочной конструкции были переведены в камень [13].

Выбор места для основания городов исключал случайные факторы и учитывал как природные условия (близость морской гавани, реки, плодородных земель), так и характер торговых и стратегических путей. Принципы целесообразности, всегда ставившиеся на первое место, исключали порой даже заманчивые перспективы грандиозности вида или внешней красоты будущего города.

При этом архитектурные и урбанистические решения находились в зависимости от различных геоморфологических факторов. Нетрудно заметить, что города, расположенные вблизи моря, имели тенденцию развиваться, следуя линии побережья [14].

Уникальнейшие памятники античности Кубани, вошедшие в сокровищницу культурного наследия Российской Федерации, являются жемчужинами российской архитектуры, которые необходимо сохранить в их первозданном, неповторимом, исторически сложившемся облике.

В то же время следует, что архитектура, формирующая пространственную среду, является структурированным выражением этой истории, а «кубанская архитектура» обладает рядом специфических оригинальных черт, и вряд ли в России найдется место, способное соперничать с Кубанью по количеству и

значимости находящихся здесь памятников истории и культуры. Регион остался практически единственной территорией Российской Федерации, имеющей в составе своего археологического наследия памятники античной археологии и памятники средневекового периода с влиянием византийской культурной традиции. Большое внимание должно быть уделено вопросам сохранения архитектурных памятников как части культурного наследия Кубани.

Разнообразны типологические характеристики памятников археологии, определяющие проведение архитектурно-художественных экспозиционных преобразований. Экспонирование и охрана археологического наследия проводятся в основном в государственных историко-археологических музеях-заповедниках («Танаис», «Горгиппия», городище «Гермонасса-Тмутаракань»). Однако большинство археологических памятников нуждается в проведении различного рода экспозиционных мероприятий. Они расположены в городах, сельских населенных пунктах, значительная часть памятников археологии и народного зодчества (единичных объектов, селений, аулов, башенных комплексов) сосредоточена в горах, что затрудняет доступ к ним и проведение охранных и экспозиционных мероприятий [15].

Архитектор Мис ван дер Роэ, страстно любивший и хорошо знавший древнюю культуру, называл архитектуру «волей эпохи, переведенной на язык пространства». Именно ему принадлежит вариант крылатого выражения — «Люди имеют ту архитектуру, которую они заслуживают», то есть ту, которую они могут видеть воплощенной в кирпиче или в камне. Архитектурный подход к истории, по сути, так же хорош, как и все остальные. По архитектурным памятникам разных эпох и стран можно прочесть — и в большей или меньшей степени понять — историю различных народов и правительств. Архитектура, в отличие от изящных искусств, говорит нам не только о культуре, но, в известной степени, также о политике и экономике [16].

Проблемы, нерешенные вопросы сохранения историко-культурного наследия Кубани условно можно разделить на объективные и субъективные. К числу первых отнесем то, что вопросы сохранения историко-культурного наследия в условиях экономических реформ связаны с экономическими, социальными и правовыми проблемами как в России в целом, так и в субъектах Российской Федерации, каждого исторического города и поселения в отдельности.

Основное условие сохранения историко-культурного наследия — консолидация усилий государственных и муниципальных органов власти и государственных органов охраны памятников, общественных организаций. Необходимо совершенствование системы взаимодействия государственных органов охраны памятников истории и культуры и органов архитектуры и градостроительства всех уровней.

Важно, чтобы при подготовке нормативно-правовых актов Государственного земельного кадастра Российской Федерации строго учитывались земли историко-культурного назначения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Энциклопедический словарь по истории Кубани: с древнейших времен до октября 1917 г. / сост., науч. ред. Б. А. Трехбратов. Краснодар, 1997. 560 с.
2. Сапрыкин С. Ю. Боспорское царство на рубеже двух эпох / отв. ред. Д. Браун, Г. М. Бонгард-Левин; Ин-т всеобщей истории. М.: Наука, 2002. 271 с.

3. Усачева О. Н., Сорокина Н. П. Кепы // Античные города Северного Причерноморья. М.; Л.: Наука, 1955. С. 83.
4. Субботин О. С. Ландшафтно-топографические особенности Кубани в контексте становления городов и поселений // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2013. Вып. 33(52). С. 218—224.
5. Субботин О. С. Формирование архитектурно-планировочной структуры первых поселений юга России // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2012. Вып. 28(47). С. 270—276.
6. Кругликова И. Т. Анапа 2500 лет. Геленджик: Иль Тан, 2007. 95 с.
7. Субботин О. С. Историческое развитие города-курорта Анапа на территории античного города Горгииппия // Жилищное строительство. 2012. № 3. С. 35—37.
8. Онайко Н. А., Дмитриев А. В. Раскопки укрепленного здания на античном поселении Цемдолинское // АО. 1978. С. 106—110.
9. Анапа и анапчане / авт.-сост. В. И. Курбацкий; под общ. ред. М. И. Бююра. Анапа: Сев. Кавказ, 1999. 214 с.
10. Кузнецов В. Д. Фанагория. М.: Северный паломник, 2008. 104 с.
11. Архитектура: элементы, формы, материалы: энциклопедия искусства: пер с итальян. / Прина Ф. М.: Омега, 2010. 384 с.
12. Шуази О. Всеобщая история архитектуры / пер. с фр. Н. С. Курдюкова, Е. Г. Денисовой. М.: Эксмо, 2009. 704 с.
13. Основы архитектуры / под ред. Эмили Клоун; пер. с англ. АРТ-РОДНИК, 2006. 352 с.
14. Буссальи Марко. Понимать архитектуру: пер. с итал. М.: ЗАО «БММ», 2007. 384 с.
15. Есаулов Г. В. Архитектурно-градостроительное наследие Юга России (его формирование и культурный потенциал): дис... д-ра archit. М., 2004. 482 с.
16. Глэни Дж. Архитектура: Величайшие сооружения мира. История и стили. Архитекторы: пер. с англ. М.: Астрель; Тверь: АСТ, 2006. 512 с.

© Субботин О. С., 2015

Поступила в редакцию
в апреле 2015 г.

Ссылка для цитирования:

Субботин О. С. Особенности архитектурно-градостроительной культуры ранних городов Черноморского побережья // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 198—211.

Об авторе:

Субботин Олег Степанович — канд. архитектуры, доц., проф. кафедры архитектуры, Кубанский государственный аграрный университет. Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, Subbos@yandex.ru

O. S. Subbotin

PECULIARITIES OF ARCHITECTURAL AND TOWN PLANNING CULTURE OF THE ANCIENT TOWNS OF THE BLACK SEA COAST

The author analyses the architectural and town planning culture of the ancient towns of the Black Sea coast — the Ancient Greek colony of the Asian Bosphorus, which unlike other settlements had the highest and the most developed form of organization of residential environment. It is indicated that these Greek colonies were the formed social, economic and architectural body of its time. The attention is drawn to the architectural and town planning structure of the considered towns and settlements. It is noted that these Greek towns were located on the coast, near the bays, convenient for ships.

Key words: ancient Greek colonies, the Bosphorus, kingdom, town, architecture, formation, heritage, monuments, culture.

REFERENCES

1. Trekhbratov B. A. *Entsiklopedicheskiy slovar' po istorii Kubani: s drevneishikh vremen do oktyabrya 1917 g.* [Encyclopedia on the history of Kuban': from the most ancient times to October, 1917]. Krasnodar, 1997. 560 p.
2. Saprykin S. Yu. *Bosporskoe tsarstvo na rubezhe dvukh epokh* [Bosporus Kingdom at the turn of two epochs]. Moscow, Nauka Publ., 2002. 271 p.
3. Usacheva O. N., Sorokina N. P. [Cepoi]. *Antichnye goroda Severnogo Prichernomor'ya* [Ancient cities of Northern Black Sea Region]. Moscow, Leningrad, Nauka Publ., 1955, p. 83.
4. Subotin O. S. [Landscape and topographical features of Kuban in the context of city and settlement development]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2013, no. 33(52), pp. 218—224.
5. Subbotin O. S. [Organization of architectural and planning structures of first settlements in the south of Russia]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2012, no. 28(47), pp. 270—276.
6. Kruglikova I. T. *Anapa 2500 let* [Anapa 2500 years old]. Gelendzhik, Il' Tan Publ., 2007. 95 p.
7. Subbotin O. S. [Historical development of the resort town of Anapa in the territory of ancient city of Gorgippiya]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], 2012, no. 3, pp. 35—37.
8. Onaiko N. A., Dmitriev A. V. [Dig of the strengthened building in the ancient settlement of Tsem dolinskoe]. *AO*, 1978, pp. 106—110.
9. Kurbatskii V. I. *Anapa i anapchane* [Anapa and its residents]. Anapa, Severnii Kavkaz Publ., 1999. 214 p.
10. Kuznetsov V. D. *Fanagoriya*. Moscow, Severnii Palomnik Publ., 2008. 104 p.
11. *Arkhitektura: elementy, formy, materialy: entsiklopediya iskusstva* [Architecture: elements, forms, materials: encyclopedia of art: transl. from Ital.]. Moscow, Omega Publ., 2010. 384 p.
12. Shuazi O. *Vseobshchaya istoriya arkhitektury* [General history of the architecture / transl. from French]. Moscow, Eksmo Publ., 2009. 704 p.
13. Emili Kloun (ed.). *Osnovy arkhitektury* [Principals of architecture]. ART-RODNIK Publ., 2006. 352 p.
14. Bussal'i Marko. *Ponimat' arkhitekturu: per. s ital.* [To understand the architecture: transl. from Ital.]. Moscow, BMM Publ., 2007. 384 p.
15. Esaulov G. V. *Arkhitekturno-gradostroitel'noe nasledie Yuga Rossii (ego formirovanie i kul'turnyi potentsial)* [Architectural and town-planning heritage of the South of Russia (its formation and cultural potential). Dr. of Archit. Dis.]. Moscow, 2004. 482 p.
16. Gleni J. *Arkhitektura: Velichaiшие sooruzheniya mira. Istoriya i stili. Arkhitektory: per. s angl.* [Architecture: The greatest constructions of the world. History and styles. Architects: transl. from English]. Moscow, Astrel Publ.; Tver', AST Publ., 2006. 512 p.

For citation:

Subbotin O. S. [Peculiarities of architectural and town planning culture of the ancient towns of the Black sea coast]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 198—211.

About author:

Subbotin Oleg Stepanovich — Candidate of Architecture, Docent, Professor of Architecture Department, Kuban State Agrarian University. 13, Kalinina St., Krasnodar, 350044, Russian Federation, Subbos@yandex.ru

УДК 721.01

Т. М. Потокина, А. Г. Карпенко

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

АДАПТАЦИЯ КОЛОРИСТИКИ АРХИТЕКТУРНОГО ПРОСТРАНСТВА К УСЛОВИЯМ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

В работе выявляются условия адаптации полихромии к городской среде, анализируются основные тенденции взаимодействия природной среды и так называемой «второй природы». Раскрываются разнообразные аспекты взаимодействия природы и архитектуры: их противопоставление и взаимосвязь.

Ключевые слова: структурирование архитектурного пространства, колористика города, городская среда, комфортность жизнедеятельности человека в современной городской среде.

Сегодня мы живем в плотно заселенном, урбанизированном мире. Чем скорее разрастаются города и плотнее становится застройка, тем более ощутимо давление элементов искусственной среды на человека и природу. Давно не секрет, что историческая застройка городов до сих пор создает комфортные условия для проживания людей, вызывая положительные эмоции у жителей, но сохранившиеся исторические здания, парки и другие красивые уголки города теряются в лабиринте серой массы однотипных современных сооружений.

Те городские районы, на которые мы с гордостью указываем, зачастую представляют собой только высокие, широкие и наиболее плотные скопления архитектуры. Вдохновляет, воодушевляет ли человека эта городская среда? Размышляя о современных городах и о том, чем они могли быть, мы, конечно, должны констатировать, что, несмотря на великолепную жизнеспособность городов, мы создали крайне неудовлетворительное, не отвечающее утилитарным и эстетическим требованиям человека качество городской среды.

Проблемным стержнем архитектурных концепций конца XX начала XXI веков является соотношение формы, функции, цвета и образа в архитектуре. Современные города, разрезанные монотонными транспортными путями, геометрическим расположением кварталов, поглотили историческую застройку, уютные уголки, парки и бульвары, пешеходные дорожки. Нам не хочется жить в «коридорах», нам хочется жить в «комнатах». Исторические города полны таких ландшафтных пространств, задуманных для комфортности проживания людей. Эти города планировались, исходя из человеческого опыта, искусства архитектуры, из выразительности рисунка объемов зданий, открытых пространств и полихромии города.

Цвет в архитектуре зачастую выступал и выступает как вторичный фактор, и вкладываемое содержание всегда варьирует в зависимости от поставленных архитектором задач в проектах и архитектурных сооружениях. На практике это привело, с одной стороны, к монотонности и однообразию архитектуры, а с другой — к цветовой пестроте и необдуманной полихромии застройки городской среды.

Цвет издревле являлся необходимой частью цивилизации. Он воспроизводит многогранность, сложность системы видения мира, соединяя процессы созидательной, творческой деятельности, направленной на освоение действительности, и результаты. Понятие архитектуры как искусства «просто строить» становится неполным без полихромии, потому что даже в обыденном словоупотреблении распространяется и на исторически сложившуюся совокупность результатов ее применения.

Архитектурное наследие, накопленное городами, стало одной из форм опредмеченной коллективной памяти человечества, средством закрепления определенных типов поведения и деятельности, которые у человека, в отличие от животных, не программируются генетически. Благодаря этому архитектура не только постоянно расширяет фонд ценностей, которыми располагает общество, но и служит воспроизводству самого общества как социального организма, существующего в историческом обществе [1]. Архитектура в качестве стилиобразующего искусства всегда обладает синтетическим характером. При этом полихромия всегда является связующим звеном в системе культуры архитектуры вместе с дизайном и занимает место на стыке материальной, духовной и художественной культуры.

Размышляя о будущем наших городов, преобразовании колористики¹ провинциальных городов и, в частности, города Волгограда², мы приходим к выводу, что полихромия городской среды — одна из важнейших задач для архитекторов на сегодняшний день.

Исторически люди обладали пониманием архитектурного пространства на уровне интуиции, и города развивались как организм, связанный с природой и конкретными климатическими условиями. Архитектура привязывалась к ландшафту, будь то зеленое поле или синяя гладь воды озера или реки. Многие строительные реформы на протяжении веков упорядочили эту органичность, сделав большинство провинциальных городов замкнутыми системами. Серьезный институциональный шаг в российском градостроительстве был сделан в 20-е годы XX в. На смену землеустроительным планам, планировочно закрепляющим систему частных землевладений, пришла новая политика развития города. Появился генеральный план в его сегодняшнем понимании с функциональным зонированием, транспортной и инженерной инфраструктурой, системой ландшафтной организации города в современном его понимании. Полихромия городов выстраивалась на основе упорядоченности цветовой гаммы, выявлялись главные фасады, цветовые доминанты и значимые для города архитектурные сооружения.

Комплексный подход к планированию и колористике города был предопределен революционными идеями социального переустройства жизни в новой России и совпадал по времени с общемировыми архитектурными идеями переустройства городов. Замыслы таких известных архитекторов, как М. Гинсбург, братья Веснины, П. Голосов, К. Мельников, совпадали с замыс-

¹ В основе колористики всегда лежат три основные характеристики: 1) структура — конструкции и связь цветовых масс; 2) хроматическое содержание — цветовая палитра; 3) динамика как мера подвижности структуры и ее хроматическое содержание.

² Так, говоря об архитектуре Волгограда, мы имеем в виду деятельность архитекторов и результат этой деятельности — фонд архитектурных объектов, накопленных городом.

лами родоначальников современной европейской градостроительной традиции П. Геддесом и Ле Корбюзье. Эти архитекторы-революционеры ломали привычные архитектурные каноны и использовали цвет как активный раздражитель.

Советские архитекторы разрабатывали планы провинциальных городов, реализовывали идеи «города-сада» и «социальной интеграции». Хотя идеология затрудняла использование в архитектуре мирового и собственного опыта, были основаны и реализованы многие архитектурные проекты (в стиле модерн, конструктивизм, функционализм и др.) В позднюю сталинскую эпоху родился свой стиль, приоритетом которого стало украшение объемов классическими элементами. Полихромия советских городов «выпала» из поля зрения архитекторов. При этом мировое архитектурное мышление вело поиски в практике пространственной организации среды, соединяя органичные цвета ландшафта и архитектуры и организуя жизненное пространство для людей.

Позднее, в 70-х, шла застройка городов, нужны были миллионы квадратных метров панельно-спальных районов. За это время сформировался класс архитекторов-«объемщиков», которые экспериментировали с новыми формами, была сформулирована идея одинакового благосостояния народа в новых городах и микрорайонах. Отсюда и направленность работы архитекторов на усредненную человеко-единицу с определенным минимумом общественных благ и окончательная потеря интереса к эстетическим потребностям личности реальной [2]. Основой колористики городов стали цвета строительных материалов (стекло, бетон, серый кирпич, асфальт...).

Характерными для современной архитектуры являются не отдельные изменяющиеся формы, а возможность их модификации в пространстве. Пространственно-временная концепция представляет собой взаимодействие внешнего и внутреннего пространства и одновременность восприятия этой связи человеком. Преобразовывая природу, нам необходимо соблюдать ряд важных принципов построения колористики городской среды. Основным признаком произведения архитектуры является *пространство*, целесообразно организованное, для определенной значимой цели, вмещающее человека и воспринимаемое им зрительно. Пространство неограниченное, как в интерьере здания, а пространство внешнее — организованное объемами зданий и сооружений, благоустройством окружающего ландшафта и зелеными насаждениями. Сюда входят и сооружения без внутреннего пространства, но организующие внешнее пространство — набережные, мосты, развязки автомагистралей, монументы. Соответственно и цвет должен разрабатываться по законам колористики: выявлять цветовые доминанты и социально важные для людей объекты, подчеркивать и уплощать объемы и форму зданий. Все это организует цветовую среду для комфортного проживания людей, соединяя архитектуру и ландшафт, используя психологическое воздействие цвета на эмоциональный мир человека.

Важным фактором архитектурного пространства является *программируемая информация*, которая служит организации жизнедеятельности не только своими материальными структурами, обеспечивающими необходимые условия осуществления процессов, но и той информацией, которую несет. Иными словами, архитектура несет двойную ценность — материально-практическую и информационно-эстетическую. При этом эстетическая орга-

низация окружающей нас среды является одним из главных факторов комфортного проживания социума.

Опять же, полихромная *системность* архитектуры важна при формировании части пространства, которая впоследствии входит в систему объектов: здание образует элемент комплекса сооружений и т. д. При этом архитектурные объекты складываются в структурную цветовую основу *предметно-пространственной среды* — того предметно-пространственного окружения, которое взаимодействует с субъектом и актуализируется его поведением.

Одним из критериев городской среды является *целостность* множества цветовых элементов *природного* окружения с внесенными в нее цветами создаваемых человеком объектов — архитектурных, дизайнерских, произведений пластических искусств и других составляющих, образующих цветопространственное поле.³

Эстетические достоинства зданий и их комплексов, а также городской среды с точки зрения идеологии, информативности, эмоциональности, эстетики выполняют утилитарную и художественно-эстетическую функции. Цвет является относительно подвижным и экономичным средством, выявляющим функциональные особенности архитектурных сооружений и одновременно сообщаящим им высокие эстетические достоинства. В свете новых концепций и разработок приоритетным направлением в строительстве становится комфортность проживания людей в больших городах, где сложнее выстроить цветовую систему, отражающую диалектику развития колористики предметно-пространственной среды.

Отечественные исследования последних лет в области цвета в архитектуре разработали методики формирования открытого пространства (А. В. Ефимов, В. Н. Захаров, Г. Н. Минервин, Х. Фрилинг, Дж. Девис, С. Тайгерман). Зачастую современные архитекторы концентрируют внимание на области внутреннего пространства, которое в силу относительно небольших размеров по сравнению с внешним пространством и замкнутости легче поддается определенному колористическому решению. При этом теряется целостность восприятия архитектуры, и архитектурные объекты выпадают из канвы застройки.

Природная цветовая среда уже обладает предпосылками эволюции — динамикой, цикличностью, разнообразием, являясь естественной биологической средой, становясь оптимальной для жизнедеятельности человека. Искусственные объекты приносят в городское пространство новое видение, новые цветовые реакции и новые формы поведения человека, при этом колористика городской среды имеет свои особенности.

Высший профессионализм архитектора — избежать пестроты и достичь высшего эффекта колористики — цветовой гармонии, упорядоченности цвета. Но искусственная среда не исчерпывается лишь цветовыми закономерностями природы, поскольку отражает общественную идеологию и эстетические нормы. Таким образом, постепенно усложняется и колористика город-

³ Это поле может образовываться спонтанно, как в природном окружении, или целенаправленно, как в искусственно созданном архитектурном пространстве. Это две взаимодействующие линии, отражающие диалектику развития полихромии городской среды.

ской среды, творчески реализуемая человеком. Соотношение природной и искусственной линий на всех этапах ее развития постоянно должно меняться, и меняться в пользу эстетических норм, отражая изменение соотношения естественного и искусственного [3].

Подвижность полихромии города обусловлена подвижностью природной полихромной структуры и функцией среды, развитием цветовой культуры, особенностями восприятия. Цвет, как правило, динамичнее, чем объемно-пространственная выраженность несущей формы. Цвет более « мобилен » в использовании и при этом несет конкретную эстетическую и психологическую нагрузку. Человек мгновенно реагирует на цвет и на основе его психофизиологического восприятия совершает те или иные действия. Эта реакция человека на цвет — самая стойкая, но порой не используется в полной мере в целях построения колористики города и создания комфортной среды проживания, а зачастую просто игнорируется.

Утилитарная функция цвета обеспечивает важные для жизнедеятельности человека аспекты: ориентация в пространстве, сигнализация, цвет создает оптимальные условия зрительного восприятия, которые позволяют поддерживать работоспособность глаза, вызывают положительные и отрицательные психологические реакции у человека.

Эстетическая, художественно-эстетическая функции цвета состоят в том, чтобы вызывать у человека эстетические переживания, на основе которых возникают запоминающиеся характеристики цвета, цветовые сочетания и художественные образы городской среды. В данном случае соединяются основы природной полихромии, традиции многоцветия и определенная цветовая культура (рис. 1).

Основными факторами, которые обуславливают колористику городской среды, являются:

природно-климатические характеристики — это цветовой диапазон природного ландшафта, природно-климатическая обусловленность в архитектурной полихромии;

градостроительная форма и ее содержание — это структура, функциональная наполненность, цвет и строение формы города, восприятие градостроительной формы;

цветовая культура — это проявление и границы цветовой культуры, эволюция цветовых предпочтений, цветовая символика и язык архитектурной полихромии, цветовая гармония пространственных структур.

Природное окружение формируется через структуру города и цветовую культуру, которые, в свою очередь, отчасти формируются под воздействием природы. Также существует взаимосвязь между природными компонентами и многообразием градостроительной деятельности: с одной стороны — рельефа, водных бассейнов, зеленых насаждений, с другой — структуры города и его застройки.

На примере Волгограда можно выявить важную роль цвета, увидеть недостатки его использования и попытаться понять, что есть определенные требования, предъявляемые к главным магистралям, ритм и масштаб которых должен нарастать по мере приближения к главной площади — кульминации художественной композиции. Они не должны выглядеть узкими коридорами, а должны снабжаться системой поперечных глубинных перспектив, как бы

демонстрируя свое влияние на весь город. Нам даже приспособляться не надо к обитанию в специфических природных условиях, нам природой подарена полноводная, широкая река Волга, она является неотъемлемой частью «живого организма» города.



Рис. 1. Примеры колористического решения различных по назначению архитектурных сооружений

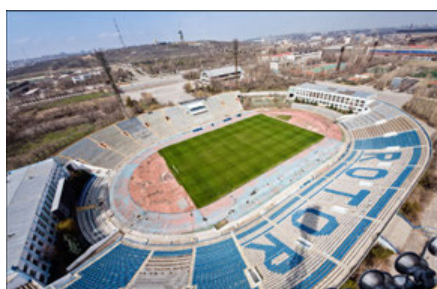


Рис. 2. Стадион «Ротор»



Рис. 3. Аллея Героев в праздничные дни

Бассейн реки Волги, вдоль которой вытянулись архитектурные сооружения (рис. 2, 3), формирует и дает цветовой импульс для создания колористически правильно выстроенной архитектурной композиции. Река невольно становится цветовой доминантой и фоном в силу мощного цветового пятна, которое выявляет градостроительные и ландшафтные формы и ритмы вокруг.

В ясную, солнечную погоду голубая гладь воды Волги создает глубину и выявляет пространство градостроительных форм, причем нижняя терраса

набережной пестрит хаотично, наспех построенными киосками и торговыми павильонами, которые не вписаны в пространство городской среды. Теряется основная градостроительная тенденция, преимущество города — природный ландшафт Волги, показывающий простор реки с массивом центральной лестницы, завершающейся героическим пилоном с колоннами. Даже цвет опавшей осенью листвы может создавать новые цветовые отношения сооружений и окружающего ландшафта, при этом биологи утверждают, что естественный слой листвы защищает почву и создает питательный слой для окружающей флоры.

Полихромия архитектуры всегда связана с формой, в данном случае холодная гамма цветов разнообразных оттенков противопоставляется светлоокрашенной гамме пастельных тонов в архитектуре и дает мощный импульс для создания эстетически-художественного пространства. Цветовой диапазон становится более разнообразен благодаря тому, что в разное время года (рис. 4) в зависимости от освещения соотношение цветов меняется, и это дает то разнообразие взаимодействия цветов, которое создает цветовую гармонию и особенный колорит. Надо отметить, что при разном освещении — солнечном, обычном освещении ясного дня и вечером — расставляются совершенно разные цветовые акценты⁴, восприятие цвета человеком различно. Различная видимость цветов биологически целесообразна, для человека имеет значение не абсолютная оценка цветов, а оценка их различий между собой.

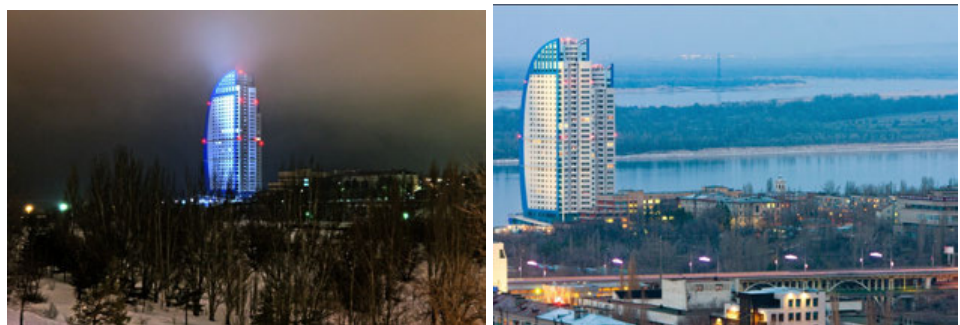


Рис. 4. Сезонные изменения флоры — самый активный фактор природной цветодинамики, они в значительной мере влияют на полихромии природного ландшафта

В летнее время соотношение масс зеленого цвета (листва деревьев различных пород) и солнечного света создают игру светотени, теплых и холодных оттенков, которые физиологически и психологически создают чувство прохлады у человека. Здесь надо добавить, что природный ландшафт зависит от климатических условий — состояния атмосферы, ее чистоты или степени загрязнения, земли, лишенной травяного покрытия. Цвет почвы в

⁴ Чувствительность глаза к цветовому тону зависит от положения цвета в спектре. Человеческий глаз лучше всего различает цвета в средней части спектра: от голубого до оранжевого. В области красного и фиолетового цветов разностный порог резко увеличивается. Это можно объяснить тем, что в средневолновой области красный, зеленый и синий цвета меняются наиболее быстро. У краев спектра эти отношения изменяются гораздо медленнее.

основном зависит от минеральных составляющих и поэтому имеет множество цветовых оттенков, которые тоже входят в полихромную городскую пространства. Климатические особенности особенно мощно воздействуют при солнечном освещении. Спектральный состав цветов воспринимается человеком наиболее четко и продолжительно, увеличивается доля ярких насыщенных хроматических цветов, и, наоборот, в зимний период увеличивается количество холодных ахроматических цветов. Таким образом, природная среда способствует полной оценке природного ландшафта, т. е. его визуальных характеристик. Аналитический подход к многоцветию невозможен без чуткого видения разнообразных изменений в природе.

Существенно влияние рельефа на структуру цветового разнообразия природного ландшафта — возможность воспринимать его с различных точек зрения (рис. 5).

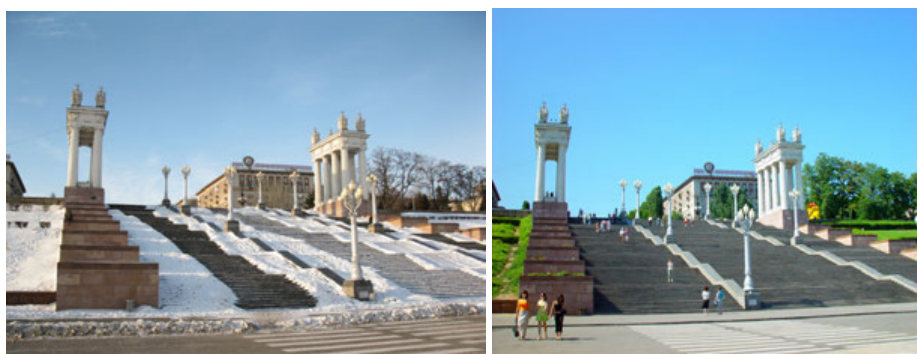


Рис. 5. Влияние рельефа на структуру цветового разнообразия природного ландшафта — возможность воспринимать его с различных точек зрения

Современные тенденции в изучении городской среды показывают, что компоненты природного ландшафта вне цветовой выразительности приводят к обезличиванию архитектурной структуры, и в итоге это приводит к потерям в области выразительности архитектурного языка. Теряются емкость окружающей среды, художественно-эстетические ресурсы, общекультурный потенциал городского ландшафта.

Основой природного ландшафта является саморегуляция, но при кипучей деятельности человека, в данном случае архитекторов и дизайнеров, он становится ландшафтом города. Под этим мы понимаем, что ландшафт города есть пространственный организм, основанный на сочетании природно-территориальных данных и результатов градостроительной деятельности. Эта двойственность и обуславливает специфику профессиональной деятельности архитектора и дизайнера, направленную на формирование цветовой среды города как целостной экологической системы, имеющей естественные и искусственные составляющие, обладающей способностью к саморазвитию и одновременно нуждающейся в направленном развитии [4].

Динамичность и гармония снижаются с развитием урбанизации, этот процесс необходим в современном мире, и это обстоятельство заставляет архитекторов искать пути преодоления цветовой статичности архитектуры. Это необходимо делать за счет развития и использования полихромии, цветовой

динамики природного окружения, что позволит поддерживать тот ритм и ту цветовую гармонию, которые человек считает естественными, обеспечивающие привычный ритм жизнедеятельности, несущие смысловую и эмоциональную информацию, побуждающие к эстетическим переживаниям.

Наиболее систематичными исследованиями в области взаимодействия природного ландшафта и исторической архитектуры являются поиски французского колориста Ж. Ф. Ланкло. Он видит будущее городской среды как целостного организма [5]. В наше время соотношение естественного и искусственного решительно изменилось в сторону искусственного. Унылые ландшафты серых бетонных зданий, необоснованная пестрота архитектуры и дизайн чреваты необратимыми процессами, мы уже доказали «превосходство» над природой. Но, к счастью, человек не может обходиться без цвета, генетически и психологически в нем заложено чувство прекрасного и потребность воспринимать цветовую гармонию в пространстве. Отчуждение от природных цветовых гармоний из-за ахроматичности бетона и стекла привело к безликости городского пространства, люди испытывают потребность в цвете. При первичности утилитарной функции архитектуры все-таки должна сохраниться целостность природы и архитектуры как единственно приемлемая форма их сосуществования.

Целостность архитектурно-природного ландшафта и его цветовые взаимосвязи возможны только при признании архитекторами и дизайнерами первичности природы. Полихромия архитектуры должна «реагировать» на природное окружение, т. е. должны учитываться все закономерности природных явлений, включая всю многообразную цветовую палитру.

Многовековой опыт зодчих прошлого интуитивно выработал определенные оптимальные условия восприятия и цветовые сочетания. Если рассматривать палитру цветов, используемых в архитектуре Средней Азии, то можно на основе 6 цветов — белого, черного, желтого, зеленого, голубого, синего, наиболее употребляемых — выявить высокий контраст по цветовому тону и светлоте. Это создавало четкую видимость мелких деталей многоцветного узора, когда зрение притупляется. Полихромная композиция строится на контрастах. Светлые цвета — желтый и голубой — сочетаются с черным, а темные цвета — синий и зеленый — с белым. Цвета, имеющие разную светлоту, как правило, не «работают» друг с другом. Есть понятие фоновых комфортных и сигнальных цветов, которые в зависимости от ориентации плоскостей фасадов и условий восприятия возможно дифференцировать по цветовому тону, светлоте и насыщенности [6]. Так, фоновые цвета, размещаемые преимущественно в нижних ярусах застройки, на менее освещенных солнцем сторонах, могут быть желтыми и переходящими выше в белый цвет. При этом исключаются ярко-желтые цвета отделочных материалов, а используются охристые, умбристые, земляные цвета, а также холодные темные. В затененных местах следует воздержаться от красных цветов и их оттенков, в данном случае подойдут легкие цвета — белый, желтый, охристый, светлые голубые и зеленый. Освещенность, светотень здесь играют важную, если не основополагающую роль.

Высокая освещенность и сильная запыленность нашего региона уменьшают насыщенность цвета и количество различаемых глазом оттенков, дела-

ют тона белесыми. Это говорит о том, что условия восприятия схожи со среднеазиатскими.

Конечно же, основа полихромии любого города складывается из тех материалов, которые использовались в исторической застройке городов. Исторический анализ целостного культурного организма города Волгограда сложен. Он почти полностью был разрушен в годы Великой Отечественной войны, но при этом он имеет свое лицо, воспринимается пластически, визуально и имеет присущее только ему колористическое выражение. Цветовое обогащение городской среды связывается с реконструкцией довоенной застройки и оставшейся после войны исторической застройки.

В Волгограде частично сохранилась кирпичная застройка — это Царицынская архитектура [7], цвет естественного кирпича помогал создать своеобразную, только этому городу присущую цветовую палитру (рис. 6). Затем на основе генплана московских архитекторов было принято решение отстраивать город заново, при этом за основу был взят героико-классический стиль. Примером может служить центральная часть города и прилегающие к ней улицы⁵.

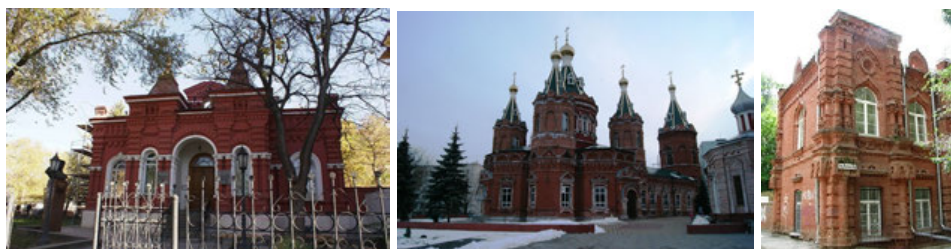


Рис. 6. Разнообразие дневного освещения на примере архитектуры Царицына

Мы знаем из истории искусств, что европейский классицизм, тяготеющий к рационализму, строился на равновесии и пропорциональности форм, конструктивном использовании ордера, свойственном античности. Цвет использовался для достижения ансамблевой целостности реконструированного города, объединения огромного комплекса сооружений мягкими пастельными тонами. Рационализм же предполагал подчинение цвета форме и пластике, пропорциональным соотношениям элементов формы, и эта его скромная роль привела к утратам композиционной активности. Кирпич штукатурят и создают полихромии в соответствии с принятой концепцией рационализма. Все это тоже отразилось в послевоенной застройке Волгограда. Возрождение красочности исторической застройки в послевоенный период было также навеяно обращением к традициям архитектурной полихромии.

⁵ В последнее время точечная застройка г. Волгограда не придерживается основных тенденций построения города как целостного организма, порой здания вклиниваются в основную застройку хаотично, исходя из привлекательности места, не подтверждая правила взаимодействия архитектуры, ее общего цветового визуального ряда. Надо отметить, что окружающий ландшафт вокруг благоустраивается и привязывается к основному зданию, но выпадает из основного архитектурного пространства, так как не принимаются во внимание ранее выстроенные архитектурные сооружения.

Город растет, появляются новые жилые кварталы, торговые центры, возникают новые крупные транспортные магистрали. Формирование функционального стиля требует новых художественных средств (рис. 7). Элементарность планировочных решений, подчеркнутый геометризм зданий приводят к обеднению объемно-пространственной ткани города и внешней пластики зданий, которые создавали предпосылки для введения цвета. Архитекторы, стремившиеся на основе функционализма создавать городскую среду, соответствующую эстетическим потребностям человека, предприняли ряд попыток введения в архитектуру активной полихромии.

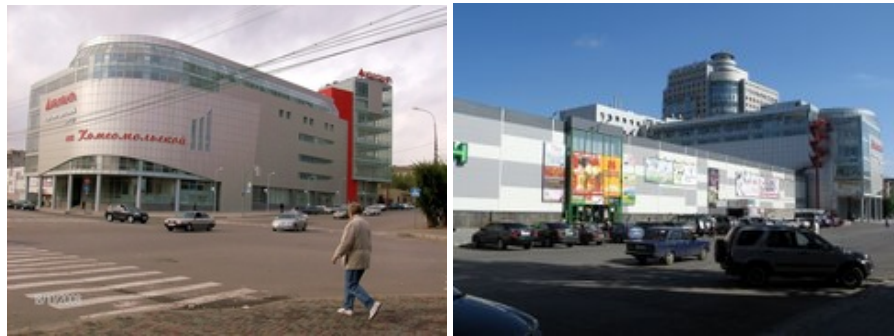


Рис. 7. Примеры новых архитектурных решений центра города, использующих новые художественные средства

Рост городов за счет прилегающих земель, лесов, прокладка дорог, засорение пейзажа свалками привели к оскудению местной флоры, появились бесплодные почвы, деградировала их визуальная ценность. Возникает необходимость их восстановления.

Нельзя допускать, чтобы кричащие цвета рекламы, хаотично раскрашенные киоски, торговые павильоны и назойливые транспаранты отвлекли от настоящих художественных произведений, каковыми являются сохранившиеся здания исторической застройки, послевоенные сооружения, церкви.

Цветовое столкновение природных форм и творений рук человека — это столкновение природы и города. Пока оно оценивалось только с позиций природы. Новые краски должны, несомненно, подчиняться ей. Надо лишь подчинить привносимые цвета существующему цветовому контексту. Жизнь все равно заставит разработать новые формы контакта искусственной полихромии с многоцветием природного окружения. Город должен испытывать цветовое воздействие природы, и цветовая эстетика города должна отражаться на обширных территориях, еще не освоенных городским образом жизни.

Попытки целенаправленного формирования цветовой среды крупных городов крайне редки в истории градостроительства и объективно связаны с глубинными социальными изменениями, создающими предпосылки для переосмысления эстетической ценности и информативного потенциала городской среды.

Цвет должен объединять фасады многих зданий (доминантных, основных), а не выявлять отдельные, не имеющие ничего общего между собой «владения». Большие города предполагают особую продуманную цветовую организацию для достижения оптимизации городской среды и качества жизни людей, живущих в больших городах. Цвет на сегодняшний день — один

из оптимальных и экономически доступных средств решения проблем адаптации архитектурного пространства к условиям городской среды.

Город — сложный организм, вариантов может быть множество, но всегда надо ориентироваться на те классические, проверенные временем принципы построения колористики городов, в основе которых всегда наряду с утилитарными и сиюминутными проектами выявлены основные градостроительные принципы взаимодействия формы и цвета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Иконников А. В.* Функция, форма, образ в архитектуре. М.: Стройиздат, 1986. 288 с.
2. *Плесневич Е. В.* Архитектура нашей страны // Вестник. Зодчий 21 век. 2001. № 1 (3). С. 8—9.
3. Дизайн архитектурной среды / Б. Минервин, А. П. Ермолаев, В. Т. Шимко, А. В. Ефимов. М.: Архитектура-С, 2005. 504 с.
4. *Ефимов А. В.* Колористика города. М.: Стройиздат, 1990. 272 с.
5. *Lenklos J. Ph.* Les couleurs dans l'architecture du Limousin. Typografica, Paris, 1982.
6. *Потокина-Курилкина Т. М.* Основы цветоведения и колористики. Учебно-практическое пособие. Волгоград: ВолгГАСУ, 2007. 186 с. : ил. 30 л.
7. *Потокина Т. М.* Комплексный и индивидуальный подход к формированию колористики города // Проект 34. 2007. № 1. С. 24—29.

© *Потокина Т. М., Карпенко А. Г., 2015*

Поступила в редакцию
в июне 2015 г.

Ссылка для цитирования:

Потокина Т. М., Карпенко А. Г. Адаптация колористики архитектурного пространства к условиям городской среды // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 212—224.

Об авторах:

Потокина Татьяна Михайловна — канд. филос. наук, доцент, доцент кафедры ландшафтной архитектуры и профессиональных коммуникаций, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, potokinacolor@vandex.ru

Карпенко Анна Геннадиевна — доцент кафедры ландшафтной архитектуры и профессиональных коммуникаций, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, karpenko.61@mail.ru

T. M. Potokina, A. G. Karpenko

ADJUSTMENT OF COLOURISTICS OF THE ARCHITECTURAL SPACE TO THE URBAN ENVIRONMENT

In this article the authors determine the conditions of adjustment of polychromy to the urban environment, analyze the main tendencies of cooperation of the natural environment and so-called "second nature". Different aspects of cooperation between the nature and architecture, their contrasting and correlation are shown.

Key words: structuring of the architectural space, city colouristics, urban environment, comfort of the human activity in modern urban environment.

REFERENCES

1. *Ikonnikov A. V.* *Funktsiya, forma, obraz v arkhitekture* [Function, form, image in architecture]. Moscow, Stroizdat Publ., 1986. 288 p.
2. *Plesnevich E. V.* [Architecture of our country]. *Vestnik. Zodchii 21 vek* [News. Architect of the 21st century], 2001, no. 1 (3), pp. 8 — 9.

3. Minervin B., Ermolaev A. P., Shimko V. T., Efimov A. V. *Dizain arkhitekturnoi sredy* [Design of the architectural environment]. Moscow, Arkhitektura-S Publ., 2005. 504 p.
4. Efimov A. V. *Koloristika goroda* [City colouristics]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1990. 272 p.
5. Lenklos J. Ph. *Les couleurs dans l'architecture du Limousin*. Typografica, Paris, 1982.
6. Potokina-Kurilkina T. M. *Osnovy tsvetovedeniya i koloristiki. Uchebno-prakticheskoe posobie* [Principals of colour science and colouristics. Educational and practical book]. Volgograd, VSUACE Publ., 186 p., illustr. 30 p.
7. Potokina T. M. [Complex and individual approach to the formation of city colouristics]. *Proekt 34* [Project 34], 2007, no. 1, pp. 24—29.

For citation:

Potokina T. M., Karpenko A. G. [Adjustment of colouristics of the architectural space to the urban environment]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 212—224.

About authors:

Potokina Tat'yana Mikhailovna — Candidate of Philosophical Sciences, Docent, Docent of Landscape Architecture and Professional Communications Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, potokinacolor@yandex.ru

Karpenko Anna Gennadievna — Docent of Landscape Architecture and Professional Communications Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, karpenko.61@mail.ru

УДК 712.4

Н. В. Иванова, Н. Н. Антонова

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**ОРГАНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВА
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ УНИВЕРСИТЕТА
В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ-ЛАНДШАФТНИКОВ**

Рассматриваются вопросы ландшафтной организации территории вуза как фактора повышения творческого потенциала студентов в конкурсных разработках, рабочем проектировании с последующей реализацией проектной документации в полевых работах.

К л ю ч е в ы е с л о в а: озеленение территории университета, благоустройство, архитектурно-ландшафтная среда.

Процессы качественного улучшения предметно-пространственной среды территории вузов, организация благоприятных, комфортных условий для получения современного конкурентоспособного образования и полноценного отдыха в настоящее время являются задачами архитектурно-ландшафтной организации современного образовательного пространства российских университетов [1]. Особое внимание в настоящий момент привлекает образование архитекторов, ландшафтников и градостроителей, т. е. представителей тех профессий, которые сами формируют архитектурно-пространственную среду российского общества [2].

Происходит формирование нового понимания образовательной среды, которая состоит из структурных единиц. Так, Г. А. Ковалев в качестве структурных единиц выделяет: физическое окружение (специфика зданий, аудиторных помещений, возможность пространственных перемещений в них и т. д.), человеческие факторы (личностные особенности, успеваемость обучающихся, степень их концентрации в коллективах, распределение статусов и ролей среди субъектов образовательного процесса, половые, возрастные и национальные особенности преподавателей) и программу обучения (структура деятельности учащихся, стиль преподавания, характер контроля, формы обучения, содержание учебных программ и др.) [3].

В связи с этим благоустройство и озеленение выступают действенным средством создания новой ландшафтно-пространственной среды, охватывающей комплекс эколого-эстетических, архитектурно-функциональных и ландшафтных проблем в организации территории. Вузы в настоящий момент представляют современную образовательную среду, открытую для сложных процессов формирования молодых специалистов, таких как воспитание, учеба, быт, общественная деятельность, творчество, физическое развитие, культурное совершенствование.

По мнению ученых, образовательная среда обозначается как совокупность внешних условий, факторов и объектов, среди которых рождается, живет и развивается организм [3], т. е. образовательная среда предстает как результат и процесс собственного творческого саморазвития личности. Отсюда образовательная среда может не только выступать условием творческого саморазвития личности человека, но и быть показателем его профессионального творчества [4].

Поэтому специфические процессы, свойственные основным функциям университетов, требуют рассмотрения ряда вопросов функционально-ландшафтной организации открытых пространств, среди которых — применение средств и приемов озеленения, обеспечивающих в экологическом аспекте наиболее оптимальные условия пребывания, а в эстетическом — восприятия университетской среды.

Принципами ландшафтной организации образовательных территорий становятся: решение вопросов развития внутренней инфраструктуры; формирование наиболее здоровой, качественно комфортной и экологичной студенческой среды, намеченной в стратегическом направлении развития вуза как территории здорового образа жизни; создание и развитие безграничного образовательного пространства; использование художественно-эстетического начала как воспитательного аспекта, формирующего патриотизм и толерантность поведения студентов. Проектируемая ландшафтная среда вуза обеспечивает также студентов и преподавателей оптимальными условиями для плодотворной учебной, научной, исследовательской деятельности и разнообразных видов молодежного отдыха, занятий физкультурой и спортом [1].

Архитектурно-строительный университет занимает особое положение среди вузов Волгограда, обладая особенностями в архитектурно-ландшафтной организации и специфическими художественно-эстетическими характеристиками формирования образовательной среды. По определению О. В. Леонтьева [5], среди структурных компонентов культурно-образовательной среды наш вуз обладает специфическим пространственно-семантическим (архитектурно-эстетическое жизненное пространство — архитектура вузовского здания и дизайн интерьера, пространственная структура учебных и рекреационных помещений и др.; символическое пространство вуза — различные символы — герб, гимн, традиции и др.), содержательно-методическим (содержательная сфера — концепции обучения и воспитания, образовательные и учебные программы, учебный план, учебники и учебные пособия и др.; формы и методы организации образования — научно-исследовательская и проектная деятельность студентов и исследовательские общества, структуры группового и студенческого самоуправления и др.), коммуникационно-организационным компонентами (особенности субъектов образовательной среды — половозрастные и национальные особенности студентов и преподавателей, их ценности, установки, стереотипы и др.), коммуникационной сферой (субъект-субъектное взаимодействие и социальная плотность среди субъектов образования и др.), организационно-креативными условиями (особенности управленческой культуры, наличие творческих групп студентов и преподавателей и др.).

В состав комплекса сооружений университета входят четыре здания: самый старый учебный корпус «А» был построен в начале XX в. и имеет статус памятника архитектуры; корпус «Б» представляет образец сталинской архитектуры, корпус «В» относится к «брежневскому» конструктивизму; корпус «Г» — сооружение конца XX в. [6]. Все корпуса университета разные по архитектурному стилю, объемно-планировочному решению, дизайну интерьеров, но вместе они представляют «живую энциклопедию» развития творческих замыслов авторов по вопросам проектирования высших учебных заведений. Образ университета становится «образом места», являясь неотъемлемой частью культурного ландшафта района.

В историко-культурном наследии Волгограда ВолгГАСУ, являясь организацией с устойчивой структурой и традициями, составляющими существенную часть культурного и социального престижа [7], занимает прочное место в культурном воспитании молодежи, подтверждая положение, что специфика архитектурной образовательной среды вуза должна соответствовать его архитектурно-художественной направленности. Эту мысль высказывали многие крупные архитекторы: Б. Г. Бархин, В. Л. Глазычев, И. Г. Лежава, В. Гропиус, А. В. Иконников и др. По их мнению, в основу проектирования творческих вузов должна быть положена идея создания архитектурными средствами такой «образовательной среды», которая не только бы создавала условия для прохождения процесса обучения, но и имела такие архитектурно-художественные качества, которые могли бы стать ориентирами для будущих архитекторов, художников, дизайнеров, несли в себе современную архитектурную образность и уважение к наследию [8]. Таким образом, среда любого творческого вуза — это территория знаний, выступающая в образцах и образах ландшафтной архитектуры, ландшафтного дизайна, которым обучающийся будет следовать в своей профессионально-проектной и художественно-творческой деятельности ландшафтного специалиста [9].

Специфика функциональных зон университета активно влияет на ландшафтные, архитектурно-планировочные и объемно-пространственные приемы и средства ландшафтной организации открытых пространств, обеспечивающих гармоничные и художественно-эстетические условия формирования территорий. В благоустройстве вуза особо выделяется озеленение территории внутренних двориков, представленное декоративными породами деревьев и кустарников, а также насаждениями, выполняющими различные экологические функции (фитонцидные, ионизирующие, пылеустойчивые и др.). Подобная экспозиция насаждений широко используется студентами и преподавателями в учебных целях для подготовки по программам «Дизайн» (очно-заочной формы обучения), а в этом году стала основой для продолжения озеленения территории университета в форме студенческих творческих проектов.

Знаменательным событием в развитии творческого потенциала и приобретении практических навыков студентов Института архитектуры и градостроительного развития (АиГР) стало их участие в научной работе кафедры ландшафтной архитектуры и профессиональных коммуникаций (ЛАиПК) с формированием проектных предложений по ландшафтной реконструкции рекреационных пространств и разработкой дизайнерских предложений предметного наполнения территории университета. В эскизных проектах по благоустройству и озеленению, представленных студентами, рабочем проектировании, которое велось под руководством сотрудников кафедры ЛАиПК, по заданию администрации ВолгГАСУ сохранялось и усовершенствовалось существующее в вузе направление на декоративное озеленение.

Сложность озеленения в Волгограде связывается с тем, что растения испытывают отрицательное влияние не только от специфических климатических условий, но и «городских» воздействий, которыми являются: антропогенные изменения почвы, загазованность и запыленность воздуха, изменяемый температурный режим, обусловленный региональными климатическими условиями [10]. Эти факторы ведут к преждевременной гибели растений: отмирание наступает в возрасте 20...30 лет (пору наиболее декоративного и озеленительного эффекта).

Следующей региональной особенностью формирования насаждений в Волгограде становится интенсивное развитие в молодом возрасте, после 3...8 лет рост у деревьев замедляется, а у многих видов уже проявляется декоративность; низкоствольность древесных пород, кустарники же вырастают до 3...4 м высоты. Специфика развития растений влияет на ассортимент посадок, основу которых составляют не более 7 пород деревьев и 10 видов кустарников. Поэтому в ландшафтном проектировании территории университета необходимо было существенно расширить ассортимент древесно-кустарниковых насаждений.

Озеленение прилегающих к университету зон и территории самого вуза стало полифункциональным, при этом решающее значение в эффективности озелененных участков было отведено дендрологическому составу композиций и посадок, улучшающих качество среды санитарно-гигиеническими, микроклиматическими и рекреационными свойствами. Создание комфортных условий среды вуза связывается в первую очередь с решением дендрологических задач в эколого-эстетическом проектировании, где учитываются свойства растений активно влиять на степень загрязнения атмосферного воздуха, уровень шума, скорости ветра, относительную влажность, световую и психологическую комфортность.

Не менее важны психологический и эмоциональный комфорт как художественная составляющая озеленения проектируемой среды университета. Как известно, насаждения играют значительную роль в формировании художественно-эстетического облика участков, придавая им индивидуальные и своеобразные черты, участвуют в композиционных задачах организации запоминающихся картин и фрагментов [11].

Основная функция, которую выполняет озеленение на территории университета, — рекреационная. При рациональном подборе ассортимента растений городской среды в условиях интенсификации производственной деятельности человека, ускорения темпа городской жизни она становится наиболее привлекательной для студентов и преподавателей; зеленые насаждения сохраняют функции мест кратковременного отдыха и востребованы во время перерывов.

Специфика демографической структуры университета, состоящая в повышающемся проценте молодежи (школьники, студенты в возрасте от 16...23 лет), накладывает отпечаток на условия удовлетворения рекреационных потребностей, которое у подвижной части населения происходит на озелененных пространствах общего пользования университета, который становится «центром общения, проведения различных мероприятий» [12].

По нашему мнению, предпочтительными здесь становятся осуществление активных и коллективных форм рекреационной деятельности, что требует особенного подхода к подбору композиций и дендрологического состава насаждений.

Таким образом, студенты в своих проектах должны были учесть выполнение многих функций насаждениями, неразрывно связанных с сохранением растений, обогащением ассортимента насаждений и обеспечением комфортности среды в условиях развития ландшафтного декоративного озеленения.

Обследование, обмеры, фотофиксация участков для проектирования, выполненные студентами под руководством старшего преподавателя

И. Н. Вакулиной, а также последующий анализ натуральных материалов и зарисовок позволил учащимся выявить несколько наиболее интересных направлений для ландшафтного проектирования. Это объединило их в тему ландшафтного проектирования с разработкой форм малой архитектуры «Аллея выпускников ВолгГАСУ» — территория зеленой зоны по улице Огарева; зона отдыха и обучения для студентов «Открытая аудитория»; участки выходов с хозяйственной зоны.

В Южном федеральном округе благодаря относительно теплomu климату часть образовательного процесса, в особенности для архитекторов-ландшафтников, можно вынести на внутреннюю территорию или прилегающее пространство университета, к которому можно отнести скверы, парки, зеленые посолы улиц и бульваров.

Территория зеленой зоны части улицы Огарева, располагающаяся рядом с университетом, получила в студенческих проектах ландшафтно-художественное воплощение в виде «Аллеи выпускников ВолгГАСУ», с разработкой партерной части, разбивкой и посадкой древесно-кустарниковых насаждений, а также созданием моделей малых форм архитектуры (рис. 1—4).

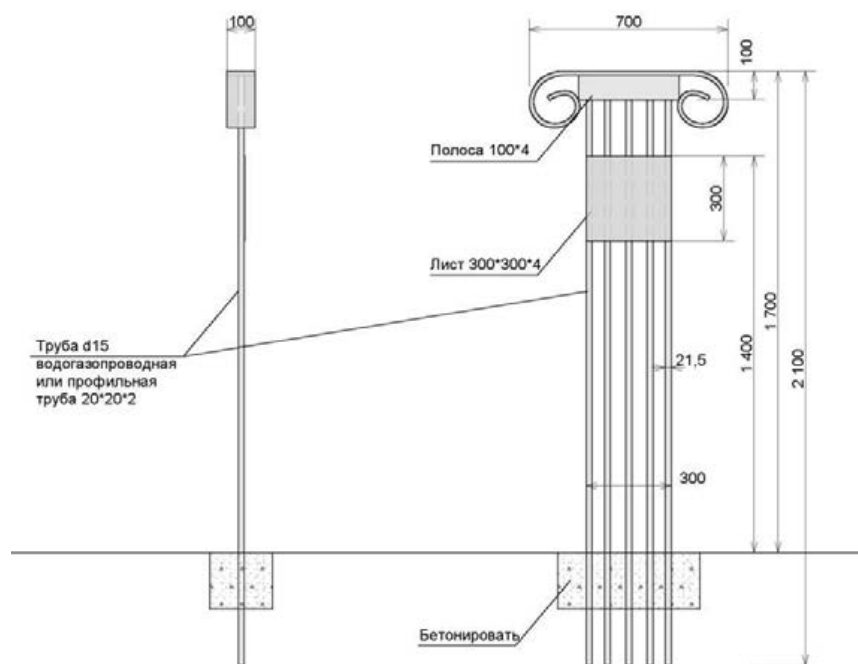


Рис. 1. Проектное предложение кафедры ЛАиПК — малая архитектурная форма

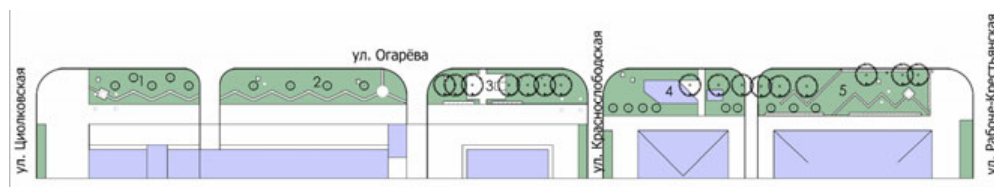


Рис. 2. Генеральный план озеленения «Аллеи выпускников ВолгГАСУ»



Рис. 3. Общий вид озеленения «Аллеи выпускников ВолгГАСУ»



Рис. 4. Фрагмент озеленения «Аллеи выпускников ВолгГАСУ»

Одной из самых важных частей озеленения стала посадка саженцев трех ценных отечественных сортов сирени («Защитникам Бреста», «Великая Победа», «Валентина Гризодубова») во время участия студентов и преподавателей во Всероссийском проекте «Сирень Победы» (рис. 5—7).

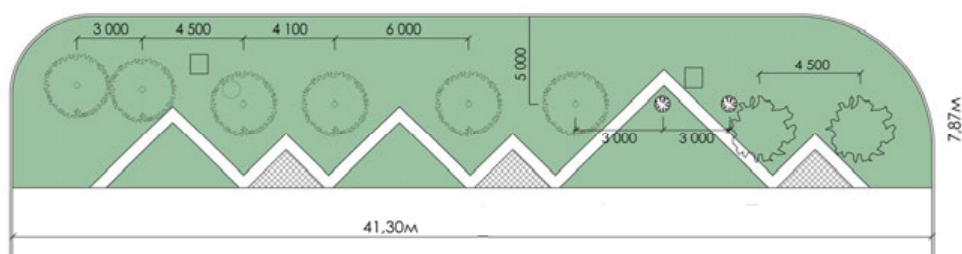


Рис. 5. План посадки саженцев сирени



Рис. 6. Зеленое шествие (фото Антоновой Н. Н.)



Рис. 7. Посадка саженцев (фото Антоновой Н. Н.)



Рис. 8. Последний штрих (фото Антоновой Н. Н.)

В проектах по ландшафтному проектированию зоны учебы и отдыха «Открытая аудитория» студентами были предложены творческие идеи по созданию под открытым небом гармоничной, комфортной и сугубо индивидуальной образовательной среды. Открытая аудитория стала своеобразным смысловым рекреационно-коммуникационным пространством, явившимся объединяющим центром [13] молодежных зон университета.

Одновременно ландшафтными приемами, разработкой элементов малой пластики, средствами озеленения решались как композиционно-пространственные и колористические задачи («сад с историей Царицына — Сталинграда — Волгограда»), так и воспитательные: формирование патриотических чувств гордости и благодарности преподавателям, деятелям науки и педагогики, создававшим вуз. Важность проводимой научной работы со студентами в направлении ландшафтного проектирования и реконструкция рекреационной территории вуза заключается в том, что студенты серьезно и ответственно начали участвовать в разрешении сложных творческих проектных задач, креативно решать проблемы окружающей среды, а также у молодых людей выработывалась устойчивая активная жизненная и гражданская позиция.

В проектах по озеленению хозяйственных зон (выход на улицу Краснопольскую) выделяются некоторые специфические приемы формирования микроландшафтов: вертикальное озеленение (с вьющимися растениями), устройство передвижных и модульных садов, подвесное (ампельное) озеленение, «зеленых островов» в покрытии тротуаров, применение приемов геопластики и тематической инсталляции (рис. 9, 10).

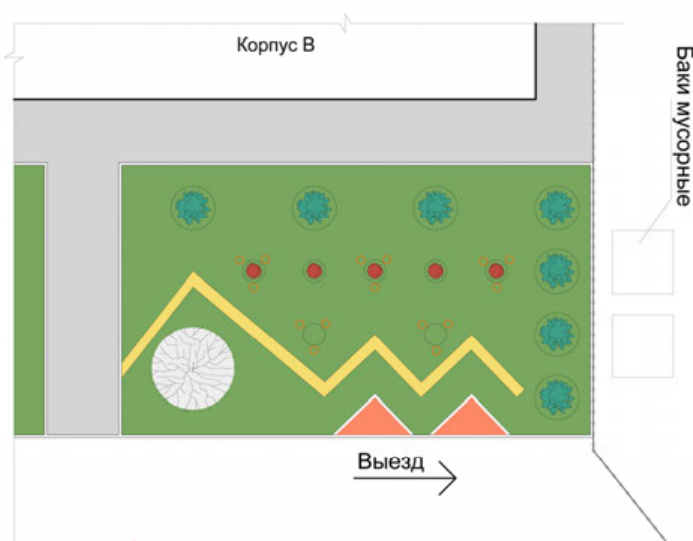


Рис. 9. Озеленение хозяйственного въезда с территории ВолгГАСУ на ул. Краснопольскую

«Зеленые островки» представляют собой геометрические вставки в мощении покрытий, заполненные озеленением (газоном, цветником). Их размеры и форма зависят от типа покрытия. Такое композиционное начало имеют модульные сады, где модули образуют гармоничную взаимосвязанную систему пластики. Модульный сад обычно формируют из одинаковых геометрических фигур, что обогащает ландшафт, создает структурную модульность композиции [14].

К современным ландшафтным приемам организации или реконструкции рекреационно-коммуникационных пространств вузов можно отнести использование курдоноров и внутренних дворов с озеленением, буферное озеленение вдоль здания, вертикальное озеленение фасадов, террас (рис. 9).

В проектах студенты пытаются заглянуть в будущее университета, поэтому особое место занимает разработка инновационных приемов средовой организации территории творческих архитектурных вузов. Ими стали: сценарные театрализованные приемы, светоцветовой фактор, историко-культурный контекст и выставочный, основанные на инсталляциях.

Существенная важность и актуальность темы комплексного озеленения и благоустройства территории университета заключается в том, что от качественного ландшафтного проектирования образовательной среды, комфорта территории, прилегающей к вузовскому комплексу, правильного распределения групп композиций насаждений на функциональных зонах зависит гармоничность условий пребывания студентов и преподавателей, создание внутренней общеуниверситетской атмосферы, настраивающей на научный и творческий лад, так как высшие учебные заведения представляют собой современную среду [15], оптимальную для сложных процессов формирования молодых специалистов: воспитания, учебы, быта, общественной деятельности, творчества, физического развития, культурного совершенствования [16].

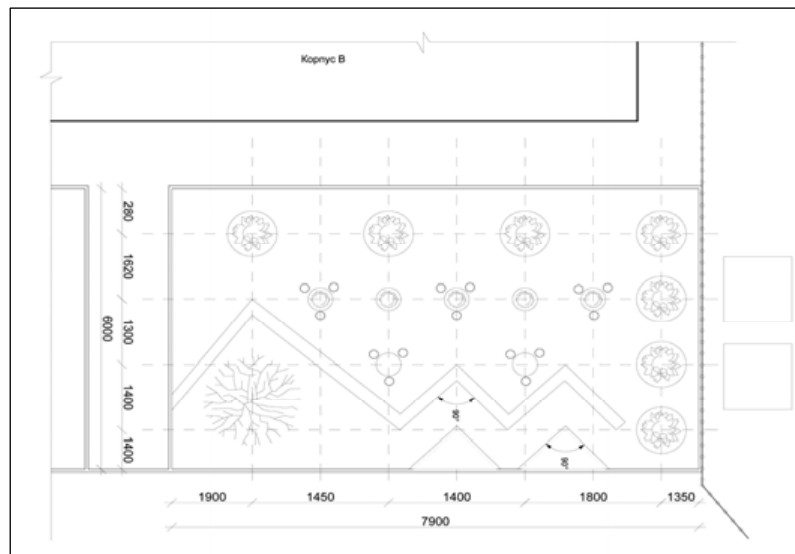


Рис. 10. Посадочный чертеж озеленения хозяйственной зоны

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванова Н. В., Антонова Н. Н. Актуальные направления ландшафтно-архитектурного формирования образовательной среды университетов // Новые идеи нового века-2014 : материалы Четырнадцатой Междунар. науч. конф. : в 3 т., Хабаровск, 2014 г. Хабаровск : Изд-во ТГОУ, 2014. Т. 2. С. 59—65.
2. Антофеев А. В. Формирование архитектурно-пространственной образовательной среды, отвечающей современным требованиям профессиональной подготовки архитекторов и градостроителей // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2013. Вып. 31(50). Ч. 1. С. 386—392.
3. Ковалев Г. А. Субъективная оценка студентами образовательной среды вуза: дис... канд. пед. наук. М., 2000. 183 с.
4. Немов Р. С. Психология: учебник для студентов высш. пед. учеб. заведений: В 3 кн. Кн. 2. Психология образования. 3-е изд. М.: ВЛАДОС, 1997. 608 с.
5. Леонтьева О. В. Культурно-образовательная среда вуза как психолого-педагогическая проблема // Образование и общество. 2009. № 6. С. 106—110.
6. История местоположения ВолГАСУ в системе расселения / С. Ю. Калашников, П. П. Олейников, В. В. Серебряная, Е. П. Олейникова // Наука и образование: архитектура, градостроительство и строительство : материалы Международной конференции, посвящ. 60-летию образования вуза, 18—19 сентября 2012 г., Волгоград : в 2-х ч. Волгоград : ВолГАСУ, 2012. 343 с.
7. Ортега-и-Гассет Х. Миссия университета // Отечественные записки. 2002. № 2.
8. Рябова В. К. Архитектурное формирование образовательной среды зданий творческих вузов: дис... канд. арх. Екатеринбург: УралГАХА, 2012. 21 с.
9. Иванова Н. В., Антонова Н. Н. Предметно-пространственная среда архитектурно-строительных вузов как условие качества подготовки высококлассных специалистов-архитекторов // Проблемы образования в современной России на постсоветском пространстве : XVI Международной. науч.-практ. конф., июнь 2010 г. : сб. ст. Пенза : Приволж. Дом знаний, 2010. С. 131—134.
10. Иванова Н. В., Антонова Н. Н. Инновационные технологии подготовки конкурентоспособного специалиста архитектора. Волгоград : ВолГАСУ, 2011. 192 с.
11. Специфика организации ландшафтно-архитектурной среды территории Ставропольского госуниверситета вокруг нового корпуса / О. А. Бунина, И. Ю. Тяско, М. В. Борисова, О. Л. Гейнц // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3 (Электронный журнал) URL: www.science-education.ru/103-6198
12. Пучков М. В. Архитектура в эпоху информационных технологий. Екатеринбург: Архитектон, 2006. 118 с.

13. Шумик В. Р., Тюрюханова И. Е., Васильева Н. А. Формирование архитектурно-пространственной среды современных университетских комплексов // Новые идеи нового века-2012: материалы XII Международной науч. конф. : в 3 т., Хабаровск, 2012 г. Хабаровск : Изд-во ТГОУ, 2012. Т. 2. С. 141—147.

14. Иванова Н. В., Антонова Н. Н., Казарян Р. А. Инновационные технологии в композиционном моделировании ландшафтной архитектуры, при подготовке конкурентоспособных архитекторов // Новые идеи нового века — 2013 : материалы XIII Международной науч. конф.: в 3 т. Хабаровск : Изд-во ТОГУ, 2013. Ч. 1. С. 402—408.

15. Stephen A. Kliment. Building type basics for College and University Facilities. Editio: David J. Neuman. London: KAIA, 2009. 300 p.

16. Проектирование высших учебных заведений и институтов повышения квалификации / Государственный научно-проектный институт учебно-воспитательных, торгово-бытовых и досуговых зданий. М. : Стройиздат, 1992. 315 с.

© Иванова Н. В., Антонова Н. Н., 2015

Поступила в редакцию
в июне 2015 г.

Ссылка для цитирования:

Иванова Н. В., Антонова Н. Н. Организация комплексного озеленения и благоустройства образовательной среды университета в подготовке специалистов-ландшафтников // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 225—236.

Об авторах:

Иванова Нина Васильевна — канд. арх., профессор, зав. кафедрой ландшафтной архитектуры и профессиональных коммуникаций, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, ivanovaninav@mail.ru

Антонова Наталья Николаевна — доцент кафедры ландшафтной архитектуры и профессиональных коммуникаций, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, antonovann.nata@mail.ru

N. V. Ivanova, N. N. Antonova

ACTUAL DIRECTIONS OF COMPLEX LANDSCAPE-ARCHITECTURAL FORMATION OF THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF UNIVERSITIES PREPARING SPECIALISTS IN LANDSCAPE DESIGN

The main tasks of quality improvement of the design areas of higher educational establishments, organization of comfort favorable conditions for competitive learning, recreation and development of physical culture has become an issue of the architectural-landscape design of Russian universities. Specific processes are the main functions of various University complexes in Volgograd actively affecting landscape, architectural, planning and spatial techniques and tools of functional-landscape organization of open spaces, providing harmonious, artistic and aesthetic conditions of formation of territories.

Key words: landscaping of the university, landscaping, architectural and landscape environment.

REFERENCES

1. Ivanova N. V., Antonova N. N. [Actual directions of landscape and architectural formation of the educational environment of universities]. *Novye idei novogo veka-2014* [New ideas of the new century-2014: Proc. of 14th Intern. Scien. Conf. In 3 vol., Khabarovsk, 2014]. Khabarovsk, TGOU Publishing house, 2014. Vol. 2. Pp. 59—65.

2. Antyufeev A. V. [The creation of architectural and educational environment meeting modern requirements of professional training of architects and urban planners]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of

Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2013, iss. 31(50), pt. 1, pp. 386—392.

3. Kovalev G. A. *Sub'ektivnaya otsenka studentami obrazovatel'noi sredy vuza* [Students' value judgment of the educational environment of higher educational institution. Cand. Ped. Sci. Dis.]. Moscow, 2000. 183 p.

4. Nemov R. S. *Psikhologiya: uchebnik dlya studentov vyssh. ped. ucheb. zavedenii: V 3 kn. Kn. 2. Psikhologiya obrazovaniya* [Psychology: textbook for students of high pedagogical educational institutions: in 3 books. Book 2. Psychology of education. 3rd ed.] Moscow, VLADOS Publ., 1997. 608 p.

5. Leont'eva O. V. [Cultural and educational environment of higher educational institution as psychological and pedagogical]. *Obrazovanie i obshchestvo* [Education and Society], 2009, no. 6, pp. 106—110.

6. Kalashnikov S. Yu., Oleinikov P. P., Serebryanaya V. V., Oleinikova E. P. [History of location of VSUACE in the settlement system]. *Nauka i obrazovanie: arkhitektura, gradostroitel'stvo i stroitel'stvo* [Science and education: architecture, town planning and construction. Proc. of Int. Conf.: in 2 pt.]. Volgograd, VSUACE Publ., 2012. 343 p.

7. Ortega-i-Gasset Kh. [Mission of university]. *Otechestvennye zapiski* [Home sketches], 2002, no. 2.

8. Ryabova V. K. *Arkhitekturnoe formirovanie obrazovatel'noi sredy zdaniy tvorcheskikh vuzov* [Architectural formation of the educational environment of buildings of creative higher educational institutions. Cand. Archit. Dis.]. Ekaterinburg, UralSAAA Publ., 2012. 21 p.

9. Ivanova N. V., Antonova N. N. [Objective-spatial environment of architectural and construction higher educational institutions as condition for the quality of training of highly qualified specialists-architects]. *Problemy obrazovaniya v sovremennoi Rossii na postsovetskom prostranstve* [Problems of education in modern Russia in the former Soviet Union. Proc. XVI Int. Conf.]. Penza, Privolzhskii Dom Znaniy, 2010. Pp. 131 — 134.

10. Ivanova N. V., Antonova N. N. *Innovatsionnye tekhnologii podgotovki konkurentosposobnogo spetsialista arkhitekatora*. [Innovative technologies for training a competitive specialist-architect]. Volgograd, VSUACE Publ., 2011. 192 p.

11. Bunina O. A., Tyasko I. Yu., Borisova M. V., Geints O. L. [Specific Organization Landscape Architectural Environment Stavropol Around State UNiversity Of New Case]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2012, no. 3. URL: www.science-education.ru/103-6198

12. Puchkov M. V. *Arkhitektura v epokhu informatsionnykh tekhnologii* [Architecture in the era of information technologies]. Ekaterinburg, Arkhitekton Publ., 2006. 118 p.

13. Shumik V. R., Tyuryukhanova I. E., Vasil'eva N. A. [Formation of the architectural and spatial environment of modern university complexes]. *Novye idei novogo veka-2012* [New ideas of the new century-2012. Proc. XII Int. Conf. In 3 vol.]. Khabarovsk, TGOU Publishing House, 2012. Vol. 2. Pp. 141—147.

14. Ivanova N. V., Antonova N. N., Kazaryan R. A. [Innovative technologies in compositional modeling of landscape architecture when training competitive architects]. *Novye idei novogo veka — 2013* [New ideas of the new century-2013. Proc. XIII Int. Conf. In 3 vol.]. Khabarovsk: TGOU Publishing House, 2013. Pt. 1. Pp. 402—408.

15. Stephen A. Kliment. *Building type basics for College and University Facilities*. Editios: David J. Neuman. London, KAIA, 2009. 300 p.

16. *Proektirovanie vysshikh uchebnykh zavedenii i institutov povysheniya kvalifikatsii* [Design of higher educational institutions and institutes of further training]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1992. 315 p.

For citation:

Ivanova N. V., Antonova N. N. [Actual directions of complex landscape-architectural formation of the educational environment of universities preparing specialists in landscape design]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 225—236.

About authors:

Ivanova Nina Vasil'evna — Candidate of Architecture, Professor, the Head of Landscape Architecture and Professional Communications Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, ivanovani- nav@mail.ru

Antonova Natal'ya Nikolaevna — Docent of Landscape Architecture and Professional Communications Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, antonovann.nata@mail.ru

ОТ РЕДКОЛЛЕГИИ

«Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета» со второго полугодия 2007 г. временно выходит в одной серии «Строительство и архитектура», по 4 выпуска ежегодно.

Журнал включен в Перечень ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, утвержденный ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.

Библиографические сведения о публикациях в журнале, пристатейные списки литературы и полные тексты статей представлены в **Российском индексе научного цитирования (РИНЦ)** на сайте Научной электронной библиотеки www.elibrary.ru.

«Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия «Строительство и архитектура» входит в базу данных **Ulrich's Periodicals Directory** американского издательства Bowker, являющуюся самой крупной базой, описывающей мировой поток сериальных (периодических и продолжающихся) изданий. Активно используется научными учреждениями для анализа мирового потока сериальных изданий.

Серия включена в базу данных **DOAJ — Directory of Open Access Journals** (Директория журналов открытого доступа) научной библиотеки университета г. Лунд (Швеция), www.doaj.org, обеспечивающую открытый доступ к полнотекстовым материалам научных и академических журналов на различных языках, поддерживающих систему контроля качества публикуемых статей.

Требования к оформлению статей и сопроводительных материалов. Статью необходимо представить на электронном носителе и в распечатанном виде (2 экз.) в сопровождении заполненного автором *лицензионного договора* (2 экз.) (скачать бланк по адресу <http://www.vgasu.ru/attachments/ld-blank.pdf>), *анкеты* согласия автора на доступ к его персональным данным неограниченного круга лиц (скачать бланк по адресу <http://www.vgasu.ru/attachments/pdsog.pdf>), *выписки из протокола* заседания кафедры и одной *рецензии*. К статьям прилагается экспертное заключение о возможности опубликования в открытой печати. Все сопроводительные документы представляются на бумажных носителях в оригинале.

В *отдельном файле помещаются сведения об авторах* на русском и английском языках, а также кириллицей и латиницей в полном соответствии с данными в заполненном бланке *анкеты* (см. выше): фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, звание, должность, место работы; наименование и код научной специальности (по Номенклатуре), по которой автор проводит диссертационное исследование; почтовый адрес, телефон и адрес электронной почты.

В статье приводятся: *индекс УДК*; на *русском и английском языках*: *фамилия и инициалы автора, заглавие, аннотация* (на русском языке до 500 знаков, на английском — от 500 знаков до целой страницы), *ключевые слова*. Текст статьи заверяется личной подписью автора (соавторов).

Объем статьи — от 10 с. установленного формата «Вестника» (см. ниже), включая название, аннотации, ключевые слова, текст, таблицы, рисунки, библиографический список. Последняя страница считается полной независимо от фактического заполнения.

Оригинал статьи должен быть набран с помощью пакета программ *Microsoft Office (Word 2003)*; шрифт *основного текста* — Times New Roman (Сур) № 11 (11 пунктов). Параметры страницы — поля, см: верхнее — 3,7; нижнее — 4,5; левое — 2,0; правое — 6,0; переплет — 0, поля зеркальные. Расстояние от края до верхнего колонтитула, см — 3,0, от края до нижнего колонтитула — 3,7. Абзацный отступ равен 0,75 см. Межстрочный интервал одинарный. Автоматически устанавливаются переносы (не более 4 подряд в одном абзаце). Автоматически устанавливается запрет висячих строк.

Для *набора формул* используется редактор формул *Microsoft MathType 5*; по умолчанию устанавливаются размеры шрифта для одно- и двухстрочных формул: обычного — 11 пт, крупного и мелкого индекса — соответственно 8 и 6 пунктов, крупного и мелкого символа — соответственно 16 и 11 пунктов. Греческие и русские буквы набираются прямым шрифтом, латинские — курсивом. Если написание в формулах отличается от традиционного, автор должен сделать соответствующие пометки на полях распечатанной статьи, при этом греческие буквы обводятся красным карандашом, готические — синим. Формулы выключаются в левый край с абзацным отступом. Запись формулы выполняется автором с использованием всех возможных способов упрощения и не должна содержать промежуточные преобразования.

Векторные рисунки, сохраненные в формате WMF, *растровые* — в TIF или BMP; *графики и диаграммы*, построенные в *Microsoft Excel*, а также *рисунки*, созданные в *Corel Draw 12* или *AutoCAD 2006* и сохраненные в оригинальном формате, дополнительно помещаются на электронный носитель отдельными файлами. Имя файла должно соответствовать наименованию или номеру рисунка в тексте статьи. Кроме того, *иллюстрации* обязательно присылаются распечатанными на отдельных листах формата А4 в масштабе 1:1, в пригодном для сканирования виде. Размер шрифта текста в рисунках — 9-10 пт. *Подписи к рисункам* выполняются непосредственно в тексте статьи шрифтом Times № 10 (10 пт), экспликация в подрисунковой подписи — Times № 9 (9 пт). Для сжатия больших файлов использовать архиваторы *Arj* и *WinZip*, *WinRAR*.

Цветные и черно-белые фотографии присылать в оригинальном виде с подписями на обороте. Цифровые фотографии выполнять с разрешением не менее 300...600 dpi, присылать в электронном виде в любом графическом формате, кроме .jpg.

Текст *таблиц* набирается шрифтом Times New Roman (Сур) № 10 (10 пунктов).

Пристатейные *библиографические списки* размещаются после основного текста статьи.

В библиографическом списке приводится только цитируемая в статье литература. Библиографический список должен состоять не менее чем из 15 статей в научных журналах, из них 8 — иностранные. Источники группируются в списке в порядке упоминания в тексте. Ссылки на источники приводятся в тексте в квадратных скобках (запрещается использовать ссылки-сноски для указания источников). В библиографическую запись включаются только основные элементы библиографического описания (ГОСТ 7.0.5–2008). Разделительные знаки «тире» между областями опускаются. Шрифт Times New Roman (Сур) № 9 (9 пунктов). Язык библиографических записей соответствует языку описываемых источников.

Библиографический список приводится *дважды*. Во втором варианте все русскоязычные библиографические записи приводятся *в переводе на английский язык*, записи на других языках просто повторяются.

Авторы статей несут всю полноту ответственности за содержание статей и за сам факт их публикации. Редакция журнала не несет никакой ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, нанесенный публикацией статьи. Редакция исходит из того, что, *в соответствии с законодательством в части авторского права, автор, направляя статью в редакцию, полностью соглашается с условиями редакции и, следовательно, только сам лично несет ответственность за использование в тексте статьи материалов третьих лиц и соблюдение их авторских прав*. Все права автора и вся полнота его ответственности сохраняются и после публикации статьи в журнале.

Статьи проверяются на оригинальность с помощью системы «Антиплагиат». Требуемая оригинальность — не менее 80 %.

Порядок рецензирования. Статьи обсуждаются редколлегией, рецензии, поступившие в сопроводительных материалах, учитываются. Статьи могут быть направлены редакцией на дополнительную внутреннюю или внешнюю экспертизу (рецензирование) и опубликованы только при положительном заключении. Имена авторов и рецензентов друг другу не сообщаются. Копия заключения предоставляется автору.

Статьи, не отвечающие изложенным требованиям, редколлегией не принимаются. Материалы, не принятые к опубликованию, авторам не высылаются.

Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения текста. Корректурa статей авторам не предоставляется. Согласование редакционных и авторских изменений текста статьи (переписка, тел. переговоры) производится за счет автора.

Гонорар за опубликование статьи не выплачивается, плата за публикацию статей с аспирантов не взимается.

КОМПЛЕКТОВАНИЕ ОЧЕРЕДНОГО НОМЕРА ЗАВЕРШАЕТСЯ ЗА 3 МЕСЯЦА ДО ПЛАНИРУЕМОГО ВЫХОДА В СВЕТ.

Примерный график выпуска серии «Строительство и архитектура» — март (прием статей до 1 декабря); июнь (прием статей до 1 марта); сентябрь (прием статей до 1 июня); декабрь (прием статей до 1 сентября).

Тематические рубрики

Строительные конструкции, здания и сооружения. Основания, фундаменты, подземные сооружения. Строительная механика. Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение. Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов. Строительные материалы и изделия. Гидротехническое строительство. Гидравлика и инженерная гидрология. Технология и организация строительства. Безопасность жизнедеятельности и охрана труда в строительстве. Инновации в строительном производстве, интенсификация, энергосбережение и энергоэффективность. Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия. Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности. Градостроительство. Теория развития города. Управление инвестиционно-градостроительной деятельностью. Экологические проблемы градостроительства. Информационные технологии в строительстве и архитектуре. Научно-методический раздел. Организация высшего образования в области строительства и архитектуры. Методика преподавания дисциплин строительного и архитектурного направлений в вузе. Хроника.

Подробная информация о журнале представлена на сайте ВолгГАСУ www.vgasu.ru, в разделе *Наука / Научные журналы / Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета* (сразу после подписания выпуска в печать на сайте публикуются титул и содержание; через месяц со дня выхода очередного номера из печати на сайте размещается его полнотекстовый файл).

Статьи направлять по адресу: 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, ком. Б-314а. Редакция «Вестника ВолгГАСУ». Тел. (8442)-96-98-46. E-mail: info@vgasu.ru (для В.И. Воробьева).

Уточнить условия публикации статей и приобретения очередного номера журнала можно по тел. (8442)-96-98-46 у ответственного секретаря редсовета журнала **Владимира Ивановича Воробьева**.

За консультацией по вопросам подготовки авторского оригинала статьи к печати обращаться по адресу: 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, ком. В-210, редакционно-издательский отдел ВолгГАСУ. Тел. (8442)-96-98-28. E-mail: mariaapes@mail.ru.

Вниманию читателей и авторов!
«Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета»
временно выходит в одной серии
«СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА» (4 выпуска в год).
Подписной индекс по каталогу «Пресса России» **85343,**
на Интернет-сайте агентства «Книга-Сервис» — **E85343**
(по электронному каталогу можно подписаться и на текущие номера).

По вопросу приобретения ранее вышедших номеров журнала
обращаться по тел. 8-(844-2)-96-98-46 к отв. секретарю редсовета *В.И. Воробьеву*

Продолжается прием статей в очередные выпуски
серий «**Политематическая**» и «**Строительная информатика**»
электронного сетевого научно-технического журнала «**ИНТЕРНЕТ-ВЕСТНИК ВолгГАСУ**».
Журнал включен в Перечень ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание ученой степени доктора и кандидата наук,
утвержденный ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.
Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия, свидетельство Эл № **ФС77-26286 от**
17.11.06, Международным центром ISSN, **ISSN 1994-0351**, перерегистрирован ФГУП НТЦ «Информрег-
истр», свидетельство № **594 от 20.10.11**, номер гос. рег. **0421200065** (на 2012 г.), включен в базу РИНЦ
(www.elibrary.ru).

Подробная информация на сайте журнала www.vestnik.vgasu.ru

«Интернет-вестник ВолгГАСУ» не является электронной версией печатного журнала.
Оба журнала содержат оригинальные публикации.

По вопросам публикации статей в научно-теоретическом журнале
«**СОЦИОЛОГИЯ ГОРОДА**»
обращаться к гл. редактору Б.А. Навроцкому по тел. 8-8442-96-99-25.
Подписаться на журнал можно по каталогу «Пресса России», подписной индекс **29507**
и по Интернет-каталогу на сайте агентства «Книга-Сервис», подписной индекс **E 29507**.
Журнал включен в Перечень ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание ученой степени доктора и кандидата наук,
утвержденный ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.
Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия, свидетельство Эл № **ФС77-26286 от**
17.11.06, Международным центром ISSN, **ISSN 1994-0351**, включен в базу РИНЦ (www.elibrary.ru).
Подробная информация о журнале на сайте ВолгГАСУ по адресу: www.vgasu.ru
в разделе Наука / Научные журналы.

Научное издание

**ВЕСТНИК
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

Научно-теоретический и производственно-практический журнал

**Серия: Строительство и архитектура
2015. Вып. 41(60)**

Редактор *М. Л. Песчаная*

Перевод на английский язык *О.Ю. Юшко*

Компьютерная правка и верстка *А. Г. Сиволобова, М. А. Денисова*

Компьютерный дизайн обложки *О. Ю. Мелишин*

Подписано в печать 24.09.2015. Формат 70 × 108/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Уч.-изд. л. 9,0. Усл. печ. л. 21,0. Тираж 500 экз. Заказ № 24

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»
Редакционно-издательский отдел
Отдел оперативной полиграфии
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1