

Министерство образования и науки Российской Федерации

**ВЕСТНИК
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

Выпуск **Серия: Строительство и архитектура**
33(52) Научно-теоретический и производственно-практический журнал **2013**

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

Богомолов А. Н., Богомолова О. А., Шелудько С. Л., Соловьев А. В. Пример определения безопасной глубины заложения горизонтальной выработки сложного сечения	6
Богомолов А. Н., Богомолова О. А. Смешанная задача теории упругости и теории пластичности грунта для однородного основания	13
Богомолов А. Н., Богомолова О. А., Иванов А. А. Инженерный метод расчета несущей способности однородного основания щелевого фундамента	23
Дюпин А. В., Корепанов Е. В. Динамика охлаждения помещения с теплоаккумулирующими материалами в конструкции стен	41
Золина Т. В., Садчиков П. Н. Концептуальная схема исследования напряженно-деформированного состояния промышленного здания	47
Золина Т. В., Садчиков П. Н. Методика оценки остаточного ресурса эксплуатации промышленного здания, оснащенного мостовыми кранами	51
Масляев А. В. Сейсмозащита города при землетрясении в зависимости от уровня ответственности жилых зданий	57

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Коренева В. В., Жога Л. В., Нестеров В. Н., Пиунов Е. М. Поляризационные токи при электро-механическом воздействии на сегнетокерамике	63
Кязымов Ф. А., Попов П. В., Перфилов В. А. Рентгеноструктурный анализ сплава для бурового инструмента, полученного переплавом порошковой композиции на основе W_2B_5 — FeCr — FeV	72
Логанина В. И., Тарасов Р. В., Акигитова Э. Р. Сухие строительные смеси с применением низкообжиговых минеральных добавок	78

Потапов А. А., Акчури Т. К. Полимерцементные наполненные самонивелирующиеся композиции для устройства покрытий полов промышленных зданий	84
Тухарели В. Д., Акчури Т. К. Применение органических добавок на основе отходов химического производства для повышения прочностных характеристик цементных бетонов	91
Хирус Н. С., Акчури Т. К. Анализ влияния шлакового микронаполнителя на процессы формирования структуры высоконаполненного мелкозернистого бетона	97
Чернышкова Т. В., Фокин В. М., Злобин В. Н., Ковылин А. В. Экспериментальная установка для измерения коэффициента звукопоглощения строительных и теплоизоляционных материалов	102
Шило М. А., Фокин В. М., Таранов В. Ф., Ковылин А. В., Воробьев В. И. Измерение теплофизических свойств многослойной полимерной теплоизоляции методом цилиндрического слоя	105
СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА	
Муравьева Л. В. Определение закономерностей взаимодействия трубопровода с грунтом	114
Харланова С. В. Имитационное моделирование акселерограмм землетрясений	121
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ	
Любченко А. С. Рационализация сроков службы и проведения диагностики автомобильных дорог	126
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	
Бурба И. В., Луканин Д. В. Влияние параметров тангенциального ввода на эффективность пылеуловителей на встречных закрученных потоках	131
Клименти Н. Ю., Власова О. С., Николенко М. А. О свойствах пыли в воздухе рабочей зоны на предприятиях по производству силикатного кирпича	139
Луканин Д. В. Влияние длины нижнего входного патрубка на эффективность пылеуловителей на встречных закрученных потоках	143
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА	
Войтов Е. Л., Сколубович Ю. Л. Исследование очистки и утилизации промывных вод станций водоподготовки	151
Желтобрюхов В. Ф., Осипов В. М., Колодницкая Н. В., Стяжин В. Н., Карпов А. В. Регрессионная модель эффективности техногенных барьеров на основе природных материалов (территория размещения санитарно-защитной зоны ООО «Лукойл-Волгограднефтепереработка»)	157
Колодницкая Н. В., Желтобрюхов В. Ф., Осипов В. М., Стяжин В. Н., Карпов А. В. Оценка эффективности биогеохимического барьера (фитобарьера) с помощью регрессионного анализа	161
Поляков И. В. Основные принципы проектирования и строительства полигонов ТБО в Волгоградской области	166
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ТЕОРИЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДА	
Денисенко Е. В. Биологические критерии и биоподходы в архитектуре XXI века	173
Молчанов В. М., Благова М. В. Социально-функциональные особенности и социальные требования к архитектуре коммерческого жилища в Ростове-на-Дону	178
ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	
Антюфеев А. В., Птичникова Г. А. Рождение соцгорода: проект планировки Сталинграда 1929—1933 гг.	184
Жатикова М. С. Экологическое картографирование трассы магистрального газопровода при комплексной оценке воздействия объекта сети газопровода на окружающую среду	194
Масленникова Д. С. Приморская лавра: принципы композиции и планировки на всех этапах формирования монастыря (конец XIX — начало XX вв.)	198
Субботин О. С. Укрепления и форты в становлении городов Черноморского побережья	211
Субботин О. С. Ландшафтно-топографические особенности Кубани в контексте становления городов и поселений	218
УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ	
Донцов Д. Г. Научная дилемма архитектурно-градостроительной деятельности «проектирование — регулирование»: социально-экономический прорыв или бюрократический тупик в развитии регионов	225

Юшкова Н. Г. Проблемы реорганизации градостроительных систем в современных социально-экономических условиях	237
--	-----

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ

Корниенко С. В. Тестирование программно-вычислительного комплекса «Энтеза» на результатах экспериментального определения теплопроводности кладки керамических блоков	254
Салугин А. Н. Устойчивость систем с точки зрения импульсных процессов	259

НАШИ АВТОРЫ	265
-------------	-----

C o n t e n t

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

Bogomolov A. N., Bogomolova O. A., Sheludko S. L., Solovlev A. V. The example of determination of safe laying depth of lateral composite section opening	6
Bogomolov A. N., Bogomolova O. A. Mixed task of the elasticity theory and the theory of soil plasticity for flat basis	13
Bogomolov A. N., Bogomolova O. A., Ivanov A. A. Engineering calculation method for bearing capacity of flat basis of trencher foundation	23
Dyupin A. V., Korepanov E. V. Dynamics of cooling of the room with heat-retaining materials used in the walls	41
Zolina T. V., Sadchikov P. N. Conceptual scheme of research of intensively strain state of an industrial building	47
Zolina T. V., Sadchikov P. N. Estimation technique of the residual life of exploitation of an industrial building equipped with bridge cranes	51
Maslyayev A. V. Earthquake protection of a city depending on the level of responsibility of residential buildings	57

BUILDING MATERIALS AND ARTICLES

Koreneva V. V., Zhoga L. V., Nesterov V. N., Piunov E. M. Polarizing currents at elektromechanical influence on segnetoceramic	63
Kyazymov F. A., Popov P. V., Perfilov V. A. X-ray diffraction analysis of the alloy for drill tool obtained by remelt of powder composition based on W_2B_5 — FeCr — FeV	72
Loganina V. I., Tarasov R. V., Akzhigitova E. R. Dry construction mixes with single-burnt mineral additives	78
Potapov A. A., Akchurin T. K. Polymer-cement filled self-leveling compositions used for floor covering of industrial buildings	84
Tukhareli V. D., Akchurin T. K. Appliance of organic additives on the basis of chemical production wastes to increase cement concrete strength	91
Khiris N. S., Akchurin T. K. The analysis of the influence of slag microfiller on the structure formation processes of high-filled fine-grained concrete	97
Chernyshkova T. V., Fokin V. M., Zlobin V. N., Kovylin A. V. Experimental measuring device for sound-absorbing coefficient of construction and heat-insulating materials	102
Shilo M. A., Fokin V. M., Taranov V. F., Kovylin A. V., Vorobev V. I. Measurement of thermophysical properties of multilayer polymeric heat insulation by cylindrical layer method	105

STRUCTURAL MECHANICS

Muraveva L. V. Determination of interaction regularities between pipeline and soil	114
Kharlanova S. V. Imitating modelling of earthquake accelerogrammes	121

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

Lyubchenko A. S. Rationalization of service life and procedure of diagnostics of highways	126
--	-----

LIFE SAFETY AND LABOR SAFETY IN CONSTRUCTION

Burba I. V., Lukanin D. V. Influence of tangential nozzle parameters on the efficiency of dust collectors on counter swirls	131
Klimenti N. Yu., Vlasova O. S., Nikolenko M. A. Properties of dust in the air of working zone at enterprises producing limestone bricks	139
Lukanin D. V. Influence of the length of underlying inlet nipple on the efficiency of dust collectors on counter swirls	143

ENVIRONMENTAL ISSUES IN URBAN PLANNING

Voytov E. L., Skolubovich Yu. L. Research of cleaning and recycling of rinsing waters of water treatment plants	151
Zheltozbryukhov V. F., Osipov V. M., Kolodnitskaya N. V., Styazhin V. N., Karpov A. V. Regression model of efficiency of technogenic barriers based on natural materials (sanitary protection zone of JSC “Lukoil-Volgo-gradneftepererabotka”)	157

Kolodnitskaya N. V., Zheltobryukhov V. F., Osipov V. M., Styazhin V. N., Karpov A. V. Estimation of efficiency of the biogeochemical barrier (phytobarrier) with the help of regression analysis	161
Polyakov I. V. Basic principles of design and construction of landfills in Volgograd Oblast	166
URBAN PLANNING. THEORY OF URBAN DEVELOPMENT	
Denisenko E. V. Biological criteria and bio approaches in architecture of XXI century	173
Molchanov V. M., Blagova M. V. Social and functional peculiarities and social requirements to the architecture of commercial dwelling in Rostov-on-Don	178
THEORY AND HISTORY OF ARCHITECTURE, RESTORATION AND RECONSTRUCTION OF HISTORICAL-AND-ARCHITECTURAL HERITAGE	
Antyufeev A. V., Ptichnikova G. A. The creation of a social city: development plan of Stalingrad in 1929—1933	184
Zhatikova M. S. Ecological mapping of the main gas pipeline at complex assessment of the gas pipeline net effects on the environment	194
Maslennikova D. S. The coastal monastery: the principles of composition and planning at all stages of formation of the monastery (the end of XIX — the beginning of the XX centuries)	198
Subbotin O. S. Defences and forts in the development of the cities on the Black Sea coast	211
Subbotin O. S. Landscape and topographical features of Kuban in the context of city and settlement development	218
CONTROL OF INVESTMENT URBAN PLANNING ACTIVITY	
Dontsov D. G. Scientific dilemma of architectural and town-planning activity “design — regulation”: social and economic breakthrough or bureaucratic deadlock in regional development	225
Yushkova N. G. Problems of reorganization of town-planning systems under modern social and economic condition's	237
INFORMATION TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE	
Kornienko S. V. Testing of the “Enteza” programming and computing system on the results of experimental determination of heat conductivity of ceramic block work	254
Salugin A. N. System stability from in the context of impulse process	259
OUR AUTHORS	265

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

УДК 622.016:624.131.53

А. Н. Богомолов, О. А. Богомолова, С. Л. Шелудько, А. В. Соловьев

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ГЛУБИНЫ ЗАЛОЖЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ СЛОЖНОГО СЕЧЕНИЯ

Рассмотрено предложение об определении безопасной глубины заложения горизонтальной подземной выработки сложного сечения в связном грунте, основанное на выполнении условия отсутствия областей пластических деформаций на контуре выработки и ее окрестности. Вычисление напряжений выполнено на основе процедуры метода конечных элементов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: связный грунтовый массив, горизонтальная подземная выработка сложного сечения, напряжения, условие прочности Кулона, области пластических деформаций, коэффициент бокового давления грунта.

The article deals with the offer to determine safe laying depth of lateral underground composite section opening in binder soil, based on the fulfillment of the condition of lack of ground flow areas on the contour of the opening and its surroundings. Calculation of tension is performed on the basis of the procedure of finite element method.

K e y w o r d s: binder soil, lateral underground composite section opening, tension, condition of Coulomb durability, ground flow area, lateral soil pressure coefficient.

Исследование распределения напряжений в окрестностях подземных выработок является важной задачей геомеханики, решение которой позволяет тем или иным способом обеспечить устойчивость ее ствола.

Для решения этой задачи используются как аналитические, так и численные методы. Так, например, в работе [1] с использованием комплексного потенциала исследовано напряженное состояние протяженной горизонтальной горной выработки сложного сечения, а в работе [2] для анализа напряженного состояния вокруг горизонтальной глубоко заглубленной выработки квадратного сечения используется метод конечных элементов (МКЭ).

На основе использования МКЭ проведем анализ напряженного состояния горизонтальной горной выработки, имеющей сечение в виде лемнискаты, противоположные части которой соединены горизонтальной выработкой с горизонтальными границами (рис. 1).

В отличие от работы [2] будем считать, что вмещающий выработку связный грунт весом и изотропен, обладает боковым распором (давлением), коэффициент которого связан известным соотношением с коэффициентом Пуассона. Предполагаем при этом линейную связь между напряжениями и деформациями, выраженную обобщенным законом Гука (рис. 2).

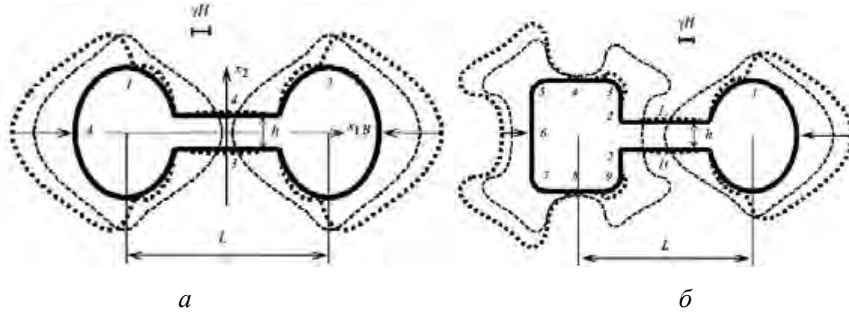


Рис. 1. Эпюры безразмерных напряжений $\sigma_0/\gamma H$ для выработки, составленной из двух одинаковых эллиптических контуров, которые соединены между собой выработкой с прямолинейными границами (а); то же для выработок эллиптического и прямоугольного сечения (б). Цитируется по работе [1]

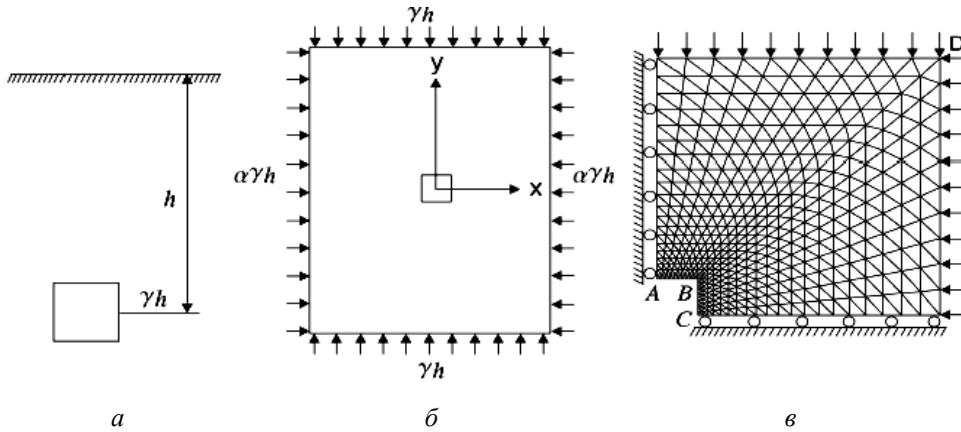


Рис. 2. Физическая модель (а; б) и расчетная схема МКЭ (в) для анализа напряженного состояния вокруг выработки квадратного сечения. Цитируется по работе [2]

Уравнение лемнискаты в декартовой системе координата (рис. 3) имеет вид

$$(x^2 + y^2) - 2a^2(x^2 - y^2) = 0, \quad (1)$$

а в полярных

$$\rho^2 = 2a^2 \cos 2\varphi. \quad (2)$$

Приведенная на рис. 2, б расчетная схема МКЭ состоит из 2279 элементов, сопряженных в 1216 узлах, а ширина матрицы жесткости системы составляет 1186. Все расчеты выполнены при помощи компьютерной программы [3], особенностью которой является возможность построения сложной расчетной схемы в оболочке Excel с последующим ее импортом в рабочую среду программы.

Вычисление напряжений проведено при четырех значениях коэффициента бокового давления грунта $\xi_0 = 0,1; 0,4; 0,6; 0,8$; глубина заложения выработки $H = 2b = 12$ м при ширине $b = 6$ м.

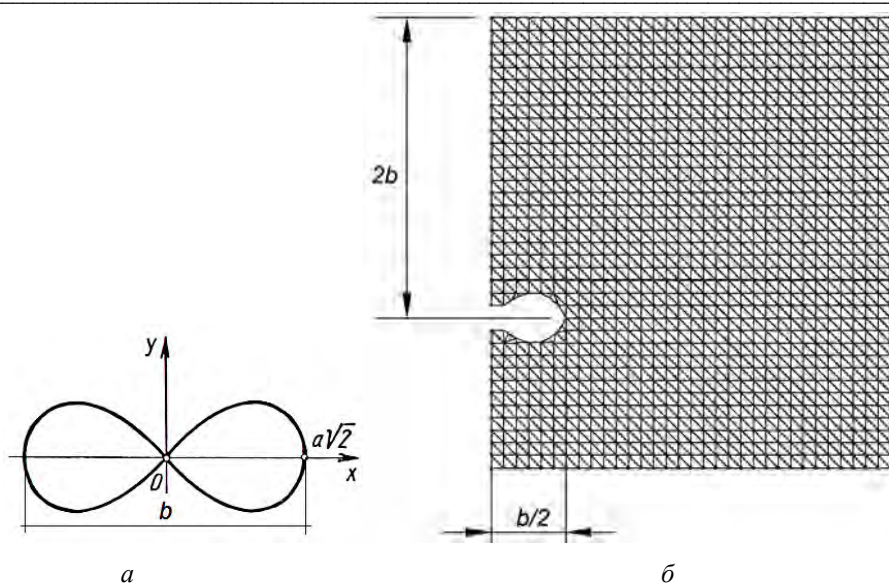


Рис. 3. Лемниската в декартовой системе координат (а), расчетная схема метода конечных элементов (показана половина в виду ее симметричности) (б)

В результате оказалось, что величины вертикального нормального σ_z и касательного τ_{zx} напряжений практически не зависят от величины коэффициента бокового давления грунта ξ_0 , при этом картины их изолиний остаются неизменными при всех перечисленных выше значениях ξ_0 (рис. 4).

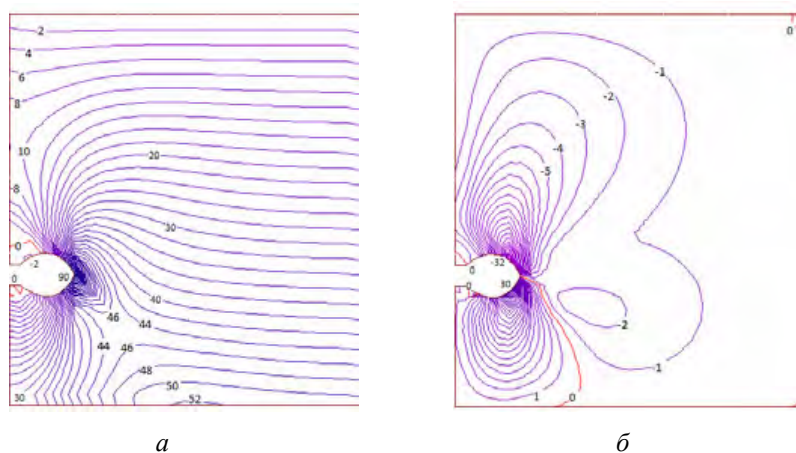


Рис. 4. Картины изолиний вертикальных нормальных σ_z (а) и касательных τ_{zx} (б) напряжений в окрестности выработки с сечением в виде лемнискаты при $\xi_0 = 0,8$ (т/м²)

Картины горизонтальных нормальных σ_x напряжений, напротив, существенным образом трансформируются при изменении величины коэффициента бокового давления грунта. Так, при $\xi_0 = 0,1$ вокруг выработки и в верхней части расчетной схемы наблюдаются значительные по размерам области растягивающих напряжений σ_x , которые с увеличением численного значения ξ_0 постепенно уменьшаются и при $\xi_0 = 0,8$ исчезают вовсе (рис. 5).

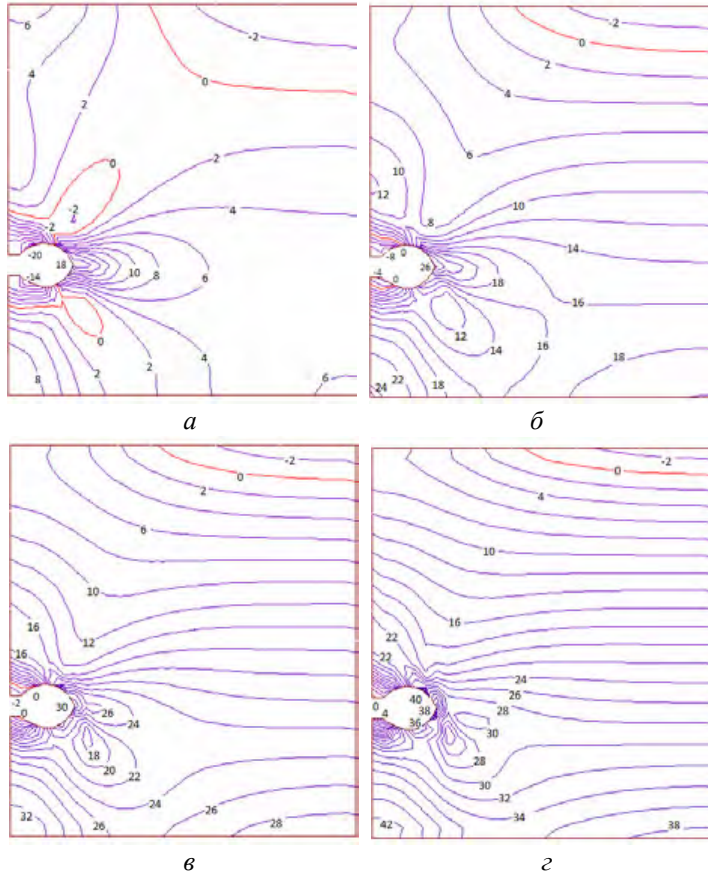


Рис. 5. Картины изолиний горизонтальных нормальных σ_x напряжений в окрестности выработки с сечением в виде лемнискаты при $\xi_0 = 0,1$ (а); $\xi_0 = 0,4$ (б); $\xi_0 = 0,6$ (в) и $\xi_0 = 0,8$ (г) (т/м^2)

Если предположить, что зоны разрушения грунта в окрестности выработки можно ассоциировать с областями пластических деформаций, построенных исходя из условия прочности Кулона, и, имея в виду, что последнее может быть представлено в виде [4]

$$\frac{[(\sigma_x - \sigma_z) \cos 2\alpha + (\sigma_x - \sigma_z) + 2\tau_{xz} \sin 2\alpha + 2\sigma_{св}]}{(\sigma_x - \sigma_z) \sin 2\alpha + 2\tau_{xz} \cos 2\alpha} = 1, \quad (3)$$

где σ_z ; σ_x ; τ_{xz} и α — соответственно безразмерные (в долях γH) компоненты напряжения и угол наклона наиболее вероятной площадки сдвига в рассматриваемой точке грунтового массива; $\sigma_{св} = C(\gamma H \text{tg} \varphi)^{-1}$ — приведенное давление связности (C ; γ ; φ — соответственно удельное сцепление, объемный вес и угол внутреннего трения грунта; H — глубина заложения выработки).

Можно утверждать, что размеры и форма областей пластических деформаций, возникающих в окрестностях выработки, будут различными при различных значениях величины коэффициента бокового давления грунта ξ_0 .

Нами проведены соответствующие вычисления и построения областей пластических деформаций в грунтовых массивах, физико-механические свойства которых представлены в табл., а на рис. 6 в качестве примера изображены области пластических деформаций, соответствующие различным значениям ξ_0 и $\sigma_{св}$.

Физико-механические свойства грунтов

Тип грунта	ФМСГ		
	γ , т/м ³	C , т/м ²	φ , град
Алевролит	2,72	52,5	33
Суглинок	2,0	3,2	25
Глина тугопластичная	2,74	5,0	17

Из рис. 6 видно, что размеры и форма областей пластических деформаций при всех прочих равных условиях зависят от величин ξ_0 и $\sigma_{св}$.

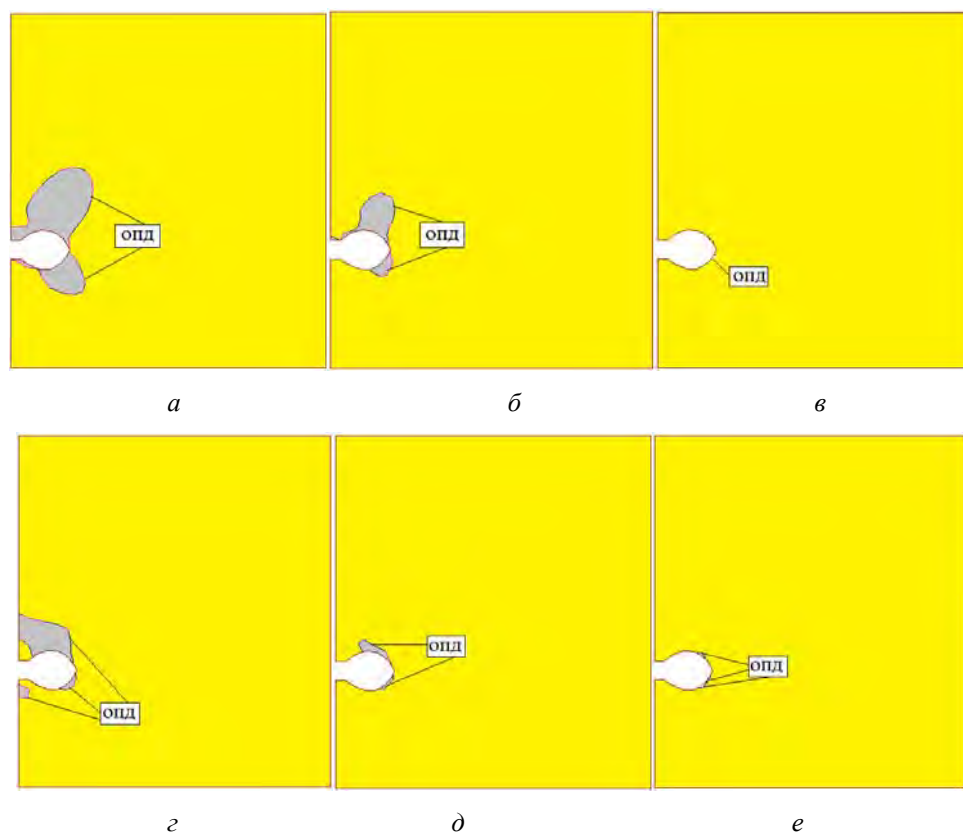


Рис. 6. Области пластических деформаций в грунтовом массиве, сложенном алевролитом ($\varphi = 33^\circ$) при $\xi_0 = 0,4$ и $\sigma_{св} = 5; 10; 25$ (а—в) и при $\xi_0 = 0,8$ и $\sigma_{св} = 5; 10; 25$ (г—е)

На рис. 7 приведены графические зависимости, позволяющие определить такие значения величины $\sigma_{св}$, когда при заданных значениях величины коэффициента бокового давления грунта ξ_0 области пластических деформаций

будут отсутствовать. Имея в виду выражение для определения величины приведенного давления связности, помещенное в комментарии к формуле (3), можно по известным физико-механическим характеристикам вмещающего выработку грунта определить такую максимальную глубину ее заложения, что не обязательно проводить крепление ее ствола для обеспечения устойчивости последнего. Как видно из рис. 7, эта глубина будет различной для разных грунтов.

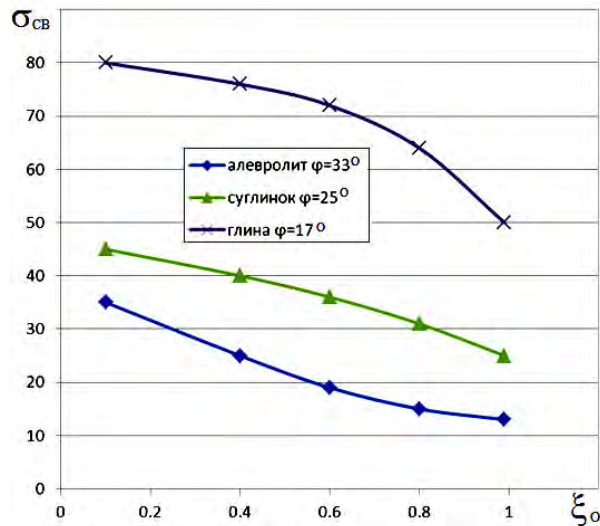


Рис. 7. Графики для определения величины $\sigma_{св}$, при которой в окрестности выработки отсутствуют области пластических деформаций

Отметим, что такой подход к определению предельного значения глубины заложения выработки справедлив лишь для связных грунтов. Для скальных грунтов такая глубина заложения должна определяться из условия выполнения неравенства

$$R_{\text{раст}} > \sigma_\theta < R_{\text{сж}}, \quad (4)$$

где $R_{\text{раст}}$; $R_{\text{сж}}$; σ_θ — соответственно пределы прочности скального грунта при растяжении и сжатии и нормальное тангенциальное напряжение в точках, лежащих на контуре выработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нескородев Р. Н. Алгоритм построения областей сложной формы и его использование при решении задач плоской теории упругости // Вісник Донецького національного університету. Сер. А: Природничі науки. 2010. Вип. 2. С. 84—89.
2. Кургузов В. Д. Напряженно-деформированное состояние массива горных пород, ослабленного квадратной выработкой // Вычислительные технологии. Т. 8. № 5. С. 81—93.
3. Устойчивость (Напряженно-деформированное состояние) / А. Н. Богомолов, О. А. Богомолова, М. Ю. Нестратов, Н. Н. Потапова, М. М. Степанов, А. Н. Ушаков, С. И. Шиян : свид. о гос. рег. программы для ЭВМ № 2009613499 № 2009612297 ; заявл. 19.05.2009 ; зарег. в Р-естре программ для ЭВМ 30.06.2009.
4. Богомолов А. Н. Расчет несущей способности оснований сооружений и устойчивости грунтовых массивов в упругопластической постановке. Пермь : ППИ, 1996. 150 с.

1. *Neskorodev R. N.* Algoritm postroeniya oblastey slozhnoy formy i ego ispol'zovanie pri reshenii zadach ploskoy teorii uprugosti // Visnik Donets'kogo natsional'nogo universitetu. Ser. A: Prirodnichi nauki. 2010. Vip. 2. S. 84—89.

2. *Kurguzov V. D.* Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie massiva gornyx porod, oslablennogo kvadratnoy vyrabotkoy // Vychislitel'nye tekhnologii. T. 8. № 5. S. 81—93.

3. Ustoychivost' (Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie) / A. N. Bogomolov, O. A. Bogomolova, M. Yu. Nestratov, N. N. Potapova, M. M. Stepanov, A. N. Ushakov, S. I. Shiyan : svid. o gos. reg. programmy dlya EVM № 2009613499 № 2009612297 ; zayavl. 19.05.2009 ; zareg. v Restre programm dlya EVM 30.06.2009.

4. *Bogomolov A. N.* Raschet nesushchey sposobnosti osnovaniy sooruzheniy i ustoychivosti gruntovykh massivov v uprugoplasticheskoy postanovke. Perm' : PPI, 1996. 150 s.

© Богомолов А. Н., Богомолова О. А., Шелудько С. Л., Соловьев А. В., 2013

*Поступила в редакцию
в июне 2013 г.*

Ссылка для цитирования:

Пример определения безопасной глубины заложения горизонтальной выработки сложного сечения / А. Н. Богомолов, О. А. Богомолова, С. Л. Шелудько, А. В. Соловьев // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 6—12.

УДК 624.131.37

А. Н. Богомолов, О. А. Богомолова**СМЕШАННАЯ ЗАДАЧА ТЕОРИИ УПРУГОСТИ
И ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ ГРУНТА ДЛЯ ОДНОРОДНОГО ОСНОВАНИЯ**

Приводится приближенное аналитическое решение смешанной задачи теории упругости и теории пластичности грунта. Представлены формулы для вычисления напряжений в точках областей пластических деформаций и выражения, позволяющие определить положение и форму последних. Приведены графические изображения областей пластических деформаций в однородном основании заглубленного фундамента при различных значениях физико-механических свойств грунта.

К л ю ч е в ы е с л о в а: смешанная задача теории упругости и теории пластичности грунта, размер, положение и форма области пластических деформаций, компоненты напряжения в упругих и пластических областях.

The approximate analytical solution of the mixed task of the elasticity theory and the theory of soil plasticity is provided. Formulas to calculate tension in ground flow areas are given as well as the expressions allowing define location and form of the latter. The authors provide graphics of ground flow areas in flat basis of buried foundation at various values of physical and mechanical soil properties.

Key words: mixed task of the elasticity theory and the theory of soil plasticity, size, location and form of ground flow area, tension components in elastic and plastic areas.

Постановка задачи. Среди различных способов постановки нелинейных задач для грунтового основания отдельное место занимает смешанная задача теории упругости и пластичности грунтов, идея решения которой впервые была сформулирована отечественными учеными, сначала Д. Е. Польшиным [1, 2], а затем М. И. Горбуновым-Посадовым [3].

Постановка задачи имеет следующие особенности: до тех пор, пока интенсивность внешней нагрузки на основание невелика, области пластических деформаций отсутствуют. При достижении интенсивностью внешней нагрузки некоторого предельного значения $q_{зар}$ в грунте зарождается одна или несколько пластических областей, которые имеют четкие границы. Дальнейший рост нагрузки ведет к увеличению размеров пластических областей, на внутренних поверхностях границ и внутри которых грунт находится в идеально пластическом состоянии.

Часть грунтового массива, расположенная вне границ областей пластических деформаций, находится в линейно-упругом состоянии. В некоторый момент времени нагрузка достигает второго предельного значения $q_{пр}$, которому соответствует завершение процесса развития и объединения пластических областей, основание переходит в пластическое состояние, описываемое теорией предельного равновесия.

Таким образом, физическая модель смешанной задачи теории упругости и теории пластичности грунта подразумевает, что:

1. Между упругими и пластическими областями имеется четкая граница. В процессе нагружения основания грунт, находящийся в упругих областях, подчиняется законам линейной теории упругости, а в пластических — законам теории пластичности; и в упругих, и в пластических областях выполняются уравнения равновесия.

2. В каждой точке границы выполняется условие непрерывности поля напряжений: нормальные и касательные к границе напряжения должны быть одинаковыми по обеим ее сторонам.

3. В областях линейной деформируемости выполняется условие совместности деформаций, а внутри пластических областей — условие пластичности.

Таким образом, смешанная задача позволяет соединить решение задачи линейной теории упругости для начальной стадии нагружения и решение задачи теории предельного равновесия для стадии разрушения основания, что очень важно с точки зрения разработки единой теории, описывающей поведение основания в полном интервале нагрузок.

Ее аналитическое решение связано с разрешением системы дифференциальных уравнений равновесия, уравнения неразрывности деформаций и условия пластичности, которые для плоской задачи записываются следующим образом (ось X направлена вправо, Z — вертикально вниз):

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X &= 0 \\ \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + Z &= 0 \end{aligned} \right\}; \quad (1)$$

$$\nabla^2(\sigma_x + \sigma_z) = -\frac{1}{1-\mu} \left(\frac{\partial X}{\partial x} + \frac{\partial Z}{\partial z} \right); \quad (2)$$

$$(\sigma_x - \sigma_z)^2 + 4\tau_{xz} = (\sigma_x + \sigma_z + 2\sigma_{св})^2 \sin^2 \varphi, \quad (3)$$

где σ_z , σ_x , τ_{xz} — вертикальная, горизонтальная и касательная составляющие полного напряжения в рассматриваемой точке; X , Z — проекции суммарного (включая собственный вес грунта) вектора нагрузок на соответствующие оси координат; $\sigma_{св} = C \operatorname{ctg} \varphi$ — давление связности; C и φ — соответственно удельное сцепление и угол внутреннего трения грунта; ∇^2 — оператор Лапласа; μ — коэффициент Пуассона грунта.

Очевидно, что данные уравнения должны быть дополнены граничными условиями на внешнем контуре основания и границе упругих и пластических областей, а также зависимостями, характеризующими напряженно-деформированное состояние грунтовой среды в пластической области. Естественно, что решение смешанной задачи должно быть построено таким образом, чтобы уравнения (1) выполнялись во всей грунтовой толще, уравнение (2) — только в упругой, а уравнение (3) — только в пластической области.

Для определения компонент полного напряжения в точках, расположенных в областях пластических деформаций, воспользуемся допущениями, сделанными в работе [4], о том, что в момент «перехода» точки грунтового массива в процессе нагружения из упругого в пластическое состояние угол ориентации площадки сдвига α и величина нормального вертикального напряжения σ_z практически не изменяются.

Корректность этих допущений очевидна. Согласно аналитическим решениям задач теории пластичности в предельном напряженном состоянии в грунте возникает бесчисленное множество поверхностей скольжения, кото-

рые являются абсолютно равнозначными [5, 6]. Кроме того, в результате проведенного нами эксперимента по разрушению оснований на моделях из эквивалентных материалов установлено, что реальные поверхности разрушения формируются вблизи НВПР, построенных по напряжениям, найденным на основе решения задачи теории упругости (рис. 1) [7]. Также установлено, что с переходом откоса в предельное состояние вертикальные напряжения в соответствующих точках грунтового массива практически не меняются [4].

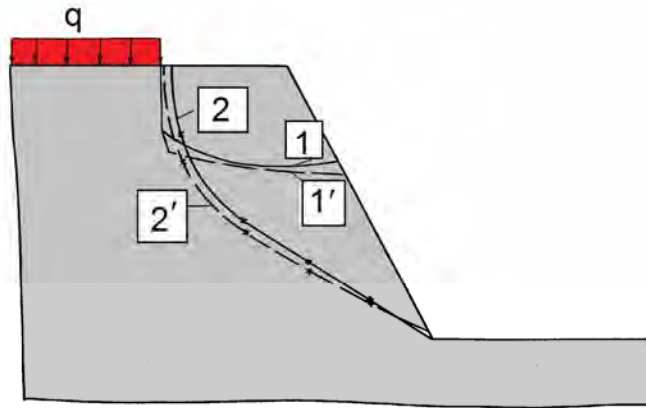


Рис. 1. Наиболее вероятные поверхности разрушения в моделях из игдантина (1) и песчано-масляной смеси (2), построенные по «упругим» напряжениям; соответствующие реальные поверхности разрушения (1') и (2'), полученные на моделях в процессе проведения эксперимента

Определение напряжений в пластических областях. Для вывода формул, определяющих численные значения напряжений в пластических областях, получим несколько соотношений.

Рассмотрим равновесие бесконечно малой призмы единичной высоты (рис. 2, а) и составим уравнение проекций на направления $\bar{n}$ и $\bar{\tau}$, из которых выразим нормальную σ_n и касательную τ_n компоненты полного напряжения, действующего по наклонной площадке с углом α через составляющие σ_z ; σ_x ; τ_{xz} напряжения в рассматриваемой точке.

Получим

$$\left. \begin{aligned} \sigma_n &= \sigma_z \cos^2 \alpha + \sigma_x \sin^2 \alpha + 2\tau_{xz} \sin \alpha \cos \alpha \\ \tau_n &= (\sigma_x - \sigma_z) \sin \alpha \cos \alpha + \tau_{xz} (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) \end{aligned} \right\}. \quad (4)$$

Запишем выражение

$$K\tau_n = \sigma' \operatorname{tg} \varphi, \quad (5)$$

где K — некоторая функция напряженного состояния, физико-механических свойств и угла наклона площадки возможного сдвига грунта в рассматриваемой точке грунтового массива; $\sigma' = \sigma_n + \sigma_{св}$ — приведенное нормальное напряжение; $\sigma_{св}$ — давление связности, $\sigma_{св} = C \operatorname{tg} \varphi$ (C — удельное сцепление; φ — угол внутреннего трения грунта) [11].

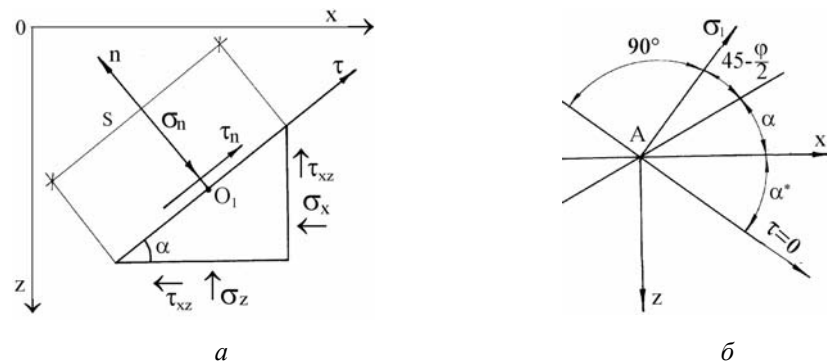


Рис. 2. Расчетная схема: а — для определения нормальной σ_n и касательной τ_n компонент напряжения, действующего по наклонной площадке; б — к определению угла α^*

Нетрудно видеть, что при $K = 1$ выражение (5) превращается в условие прочности Кулона — Мора в виде, предложенном Г. Како [8]. Подставляя значения (4) в формулу (5), получим выражение для функции K , которую, как это принято, будем называть коэффициентом запаса устойчивости в точке грунтового массива, а числитель и знаменатель полученной дроби — соответственно удерживающей $F_{уд}$ и сдвигающей $F_{сд}$ силами, действующими вдоль наиболее вероятной площадки сдвига:

$$K = \frac{[\sigma_z \cos^2 \alpha + \sigma_x \sin^2 \alpha + 2\tau_{xz} \sin \alpha \cos \alpha + \sigma_{св}] \operatorname{tg} \varphi}{(\sigma_x - \sigma_z) \sin \alpha \cos \alpha + \tau_{xz} (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha)}. \quad (6)$$

Отметим, что выражения, аналогичные (6), приведены в работах [9, 10].

Предположим, что некоторая точка A (см. рис. 2, б) после увеличения внешней нагрузки «перешла» в область пластических деформаций.

Известно из [5], что площадка сдвига в пластической области ориентирована под углом $45^\circ - \varphi/2$ к направлению максимального главного напряжения σ_1 , а касательное напряжение τ_n по площадке, перпендикулярной к σ_1 , равно нулю. Приравняв знаменатель выражения (6) нулю и решая полученное уравнение относительно α , имеем

$$\operatorname{tg} 2\alpha^* = \frac{2\tau'_{xz}}{\sigma'_z - \sigma'_x}, \quad (7)$$

где σ'_z , σ'_x и τ'_{xz} — компоненты напряжения в пластической области.

Из рис. 2, б видно, что

$$|\alpha^*| = 45^\circ + \varphi - \alpha, \quad (8)$$

где α — угол наклона наиболее вероятной поверхности разрушения при условии, что рассматриваемая точка A находится в допредельном состоянии.

Однако угол α^* отсчитывается, как это следует из рис. 2, б, от положительного направления оси X по ходу часовой стрелки; следовательно, согласно общепринятому правилу знаков, окончательно имеем

$$\alpha^* = \alpha - \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right). \quad (9)$$

Выше принято экспериментально обоснованное допущение о том, что вертикальная составляющая напряжения σ_z в рассматриваемой точке при «переходе» последней из упругой области в пластическую может быть определена на основе соответствующего решения задачи линейной теории упругости. Это допущение, подчеркнем еще раз, означает для нас то, что определить вертикальную составляющую полного напряжения σ'_z в любой точке области пластических деформаций можно на основе полученного нами аналитического решения соответствующей задачи теории упругости [11] или любым другим, в том числе и численным, известным методом, т. е.

$$\sigma'_z = \sigma_z. \quad (10)$$

Таким образом, условие пластичности (3), выражения (7), (9) и равенство (10) представляют собой, при принятых нами допущениях, замкнутую систему уравнений напряженного состояния в пластической области:

$$\left. \begin{aligned} \sigma'_z &= \sigma_z \\ (\sigma'_x + \sigma'_z)^2 + 4\tau'^2_{xz} &= (\sigma'_x + \sigma'_z + 2\sigma_{св})^2 \sin^2 \varphi \\ \operatorname{tg} 2\alpha^* &= \frac{2\tau'_{xz}}{\sigma'_z + \sigma'_x} \\ \alpha^* &= \alpha - \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \end{aligned} \right\}. \quad (11)$$

Знак «'» говорит о том, что имеются в виду напряжения, действующие в области пластических деформаций.

Решая систему (11) относительно σ'_z , σ'_x и τ'_{xz} , получим

$$\left. \begin{aligned} \sigma'_z &= \sigma_z \\ \sigma'_x &= \frac{\sigma_z (l - \sin \varphi) - 2\sigma_{св} \sin \varphi}{l + \sin \varphi} \\ \tau'_{xz} &= \frac{(\sigma_z + \sigma_{св}) b \sin \varphi}{l + \sin \varphi} \end{aligned} \right\}, \quad (12)$$

где $b = \operatorname{tg} 2\alpha^*$; $l = (1 + b^2)^{\frac{1}{2}}$.

В случае идеально связной грунтовой среды ($\varphi = 0$) формулы (12) дают гидростатический закон распределения напряжений в пластической области $\sigma_z = \sigma_x$; $\tau_{xz} = 0$, что соответствует данному предельному случаю [3].

Численное значение угла α может быть найдено на основе предложения проф. В. К. Цветкова [10], которое сводится к выполнению условия $K = K_{\min}$.

Рассмотрим предлагаемый нами способ определения угла α из условия минимальности коэффициента остаточного сопротивления сдвигу.

Условие принадлежности некоторой точки грунтового массива области упругих деформаций при данном напряженном состоянии может быть описано двумя выражениями:

$$\begin{aligned} K\tau_n &= (\sigma_n + \sigma_{св}) \operatorname{tg}\varphi; \\ \tau_n + \tau_{ост} &= (\sigma_n + \sigma_{св}) \operatorname{tg}\varphi. \end{aligned} \quad (13)$$

Из (13) видно, что при $K = 1$ и $\tau_{ост} = 0$ оба равенства вырождаются в условие прочности Кулона.

Приравнявая левые части выражений (13), получим

$$\tau_n(K - 1) = \tau_{ост}. \quad (14)$$

Подставляя значение $\tau_{ост}$ из (14) во второе из равенств (13), получим

$$\tau_n + \tau_n(K - 1) = (\sigma_n + \sigma_{св}) \operatorname{tg}\varphi \quad (15)$$

или, что одно и то же,

$$f = \frac{(\sigma_n + \sigma_{св}) \operatorname{tg}\varphi - \tau_n}{\tau_n}, \quad (16)$$

где $f = (K - 1)$ — коэффициент остаточного сопротивления сдвигу.

Взяв производную $\frac{\partial f}{\partial \alpha}$ и сравнивая ее с производной $\frac{\partial K}{\partial \alpha}$, видим, что

$$\frac{\partial f}{\partial \alpha} = \frac{\partial K}{\partial \alpha}, \quad \text{т. е. угол наклона площадки, имеющей минимальное значение ко-}$$

эффициента остаточного сопротивления сдвигу, равен углу наклона площадки с минимальным коэффициентом запаса устойчивости.

Для минимизации величины f используем известное условия $\frac{\partial f}{\partial \alpha} = 0$

и $\frac{\partial^2 f}{\partial \alpha^2} > 0$, что приводит к решению тригонометрического уравнения вида

$$2(\sigma_x + \sigma_z)\tau_{xz} \sin 2\alpha - (\sigma_x^2 + \sigma_z^2) \cos 2\alpha + (\sigma_x + \sigma_z)^2 + 4\tau_{xz}^2 = 0. \quad (17)$$

Выражая $\cos 2\alpha$ через $\sin 2\alpha$, вводя приведенные ниже обозначения и проводя соответствующие преобразования, сводим уравнение (17) к квадратному относительно $\sin 2\alpha$, корни которого вычисляются следующим образом:

$$\sin 2\alpha_{1,2} = \frac{-A_1 D_1 \pm \sqrt{A_1^2 D_1^2 + (A_1^2 + B_1^2) B_1^2}}{A_1^2 + B_1^2}, \quad (18)$$

где $A_1 = 2(\sigma_x + \sigma_z)\tau_{xz}$; $B_1 = (\sigma_x^2 - \sigma_z^2)^2$; $D_1 = (\sigma_x - \sigma_z)^2 + 4\tau_{xz}^2$.

Таким образом, все параметры, входящие в формулы (12) определены и могут использоваться для вычисления численных значений напряжений в точках, вмещаемых пластическими областями.

Определение положения и формы границы между областями упругих и пластических деформаций. Для определения границ между областями упругих и пластических деформаций воспользуемся уравнениями равновесия

и условием непрерывности поля напряжений в каждой точке границы: нормальные и касательные к границе напряжения в каждой ее точке должны быть одинаковыми по обеим ее сторонам.

Пусть кривая AA' — граница между упругой и пластическими областями и точка B лежит на этой кривой (рис. 3, *a*). Вырежем мысленно в окрестности точки B бесконечно малую прямоугольную призму единичной высоты $ДЕКМ$, расположенную таким образом, что точка B лежит на ее диагонали, а сама диагональ $ДК$ является касательной к кривой AA' в точке B . Разделим прямоугольную призму $ДЕКМ$ на две треугольные призмы $ДЕК$ и $ДМК$ таким образом, что первая из них будет находиться в области упругих деформаций, а вторая — в пластической области. Учитывая, что уравнения равновесия выполняются во всем объеме грунтового массива, составим их для обеих призм и выразим оттуда нормальные и касательные составляющие полного напряжения, действующего на наклонным граням призм $ДЕК$ и $ДМК$ через компоненты полного напряжения σ_z ; σ_x ; τ_{xz} и σ'_z ; σ'_x ; τ'_{xz} .

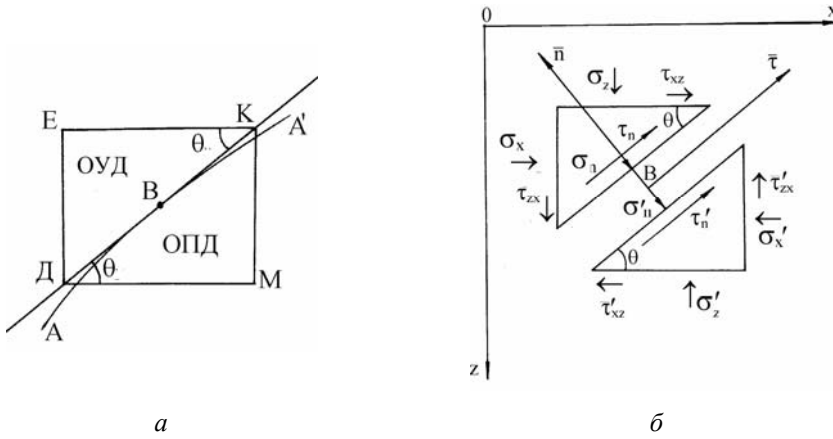


Рис. 3. Элементарная призма грунта на границе упругой и пластической областей (*a*); схема для составления уравнений равновесия (*б*)

Имеем

$$\left. \begin{aligned} \sigma_n &= \frac{1}{2}(\sigma_x - \sigma_z) \cos 2\theta + \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_z) + \tau_{xz} \sin 2\theta \\ \tau_n &= \frac{1}{2}(\sigma_x - \sigma_z) \sin 2\theta + \tau_{xz} \cos 2\theta \end{aligned} \right\}, \quad (19)$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma'_n &= \frac{1}{2}(\sigma'_x - \sigma'_z) \cos 2\theta + \frac{1}{2}(\sigma'_x + \sigma'_z) + \tau'_{xz} \sin 2\theta \\ \tau'_n &= \frac{1}{2}(\sigma'_x - \sigma'_z) \sin 2\theta - \tau'_{xz} \cos 2\theta \end{aligned} \right\}. \quad (20)$$

Учитывая, что

$$\tau_n = \tau'_n; \quad \sigma_n = \sigma'_n, \quad (21)$$

подставляем в (21) значения τ_n ; τ'_n ; σ_n и σ'_n из (19) и (20) и, имея ввиду, что $\sigma_z = \sigma'_z$ и σ'_x ; τ'_{xz} определяются формулами (12), получим выражения, описывающие границу упругих и пластических областей:

$$\operatorname{tg} 2\theta = \frac{2(\tau_{zx} + \tau'_{zx})}{2\sigma'_x - \sigma_x - \sigma'_z}; \quad (22)$$

$$\sin \varphi_0 = \frac{l(\sigma_z(3 + \cos 2\theta) + \sigma_x(1 - \cos 2\theta) + 2\tau_{zx} \sin 2\theta)}{-(\sigma_z + \sigma_x) + 2\sigma_{cb} + \cos 2\theta(\sigma_x - 3\sigma_z - 2\sigma_{cb}) - 2\sin 2\theta(\tau_{zx} + b(\sigma_z + \sigma_{cb}))}, \quad (23)$$

где θ — угол между касательной к границе AA' в точке В и положительным направлением оси OX ; φ_0 — предельное значение угла внутреннего трения грунта, при котором данная точка массива переходит на данном этапе нагружения в область пластических деформаций; b и l — то же, что и в формулах (12); σ_z , σ_x , τ_{xz} — компоненты полного напряжения, найденные из аналитического решения задачи теории упругости для данного этапа нагружения.

Остановимся на вопросе, где и в каком направлении будет проходить зарождение пластических областей. Направление луча, вдоль которого начинают развиваться зоны пластических деформаций, должно определяться направлением максимальных касательных напряжений при условии их равенства в упругой и пластической областях. Беря производные $\frac{d\tau_n}{d\theta}$ и $\frac{d\tau'_n}{d\theta}$, приравнявая их и учитывая формулы (12), получим выражение, определяющее направление зарождения зон пластических деформаций:

$$\operatorname{tg} 2\theta_3 = \frac{l(\sigma_x - \sigma_z) + (\sigma_x - 2\sigma_{cb} - 3\sigma_z)\sin \varphi}{2\{\sin \varphi[(\sigma_z + \sigma_{cb})b + \tau_{xz}l] + \tau_{xz}l\}}, \quad (24)$$

где θ_3 — угол наклона луча, вдоль которого происходит зарождение области пластических деформаций.

Известно [5, 6, 12], что в случае идеально связной среды касательные к обоим семействам поверхностей разрушения совпадают с направлением максимального касательного напряжения в рассматриваемой точке грунтового массива. Если в формуле (24) положить $\varphi = 0$, то она примет хорошо известный в теории упругости вид

$$\operatorname{tg} 2\theta_3 = \frac{\sigma_x - \sigma_z}{2\tau_{xz}}. \quad (25)$$

Кроме того, формула (25) полностью идентична выражению, приведенному в работе [10], для определения угла наклона касательной к наиболее вероятной поверхности разрушения в точке, лежащей на контуре откоса и обладающей минимальным значением коэффициента устойчивости.

На рис. 4 в качестве примера приведены области пластических деформаций в однородном основании заглубленного фундамента при условии, что напряжения в активной зоне фундамента посчитаны на основе аналитического решения первой основной задачи теории упругости для односвязной области с трапециевидным вырезом на границе [11]. Величина отношения ши-

рины фундамента к глубине его заложения составляет $b/H = 2$ (рис. 4, а, б) и $b/H = 0,5$ (рис. 4, в, г). Угол внутреннего трения грунта постоянен и равен $\varphi = 16^\circ$, а удельное сцепление C , объемный вес грунта γ и глубина заложения фундамента таковы, что величина приведенного давления связности $\sigma_{св} = C(\gamma H \operatorname{tg} \varphi)^{-1} = 2,58$. При этом величина интенсивности равномерно распределенной нагрузки постоянна и равна $q = 2\gamma H$. Отличие между рис. 4, а, б, в и г состоит в том, что на рис. 4, а и в области пластических деформаций построены при величине коэффициента бокового давления грунта $\xi_0 = 0,75$, а при построении рис. 4, б и 4, г величина коэффициента бокового давления принята равной $\xi_0 = 0,30$.

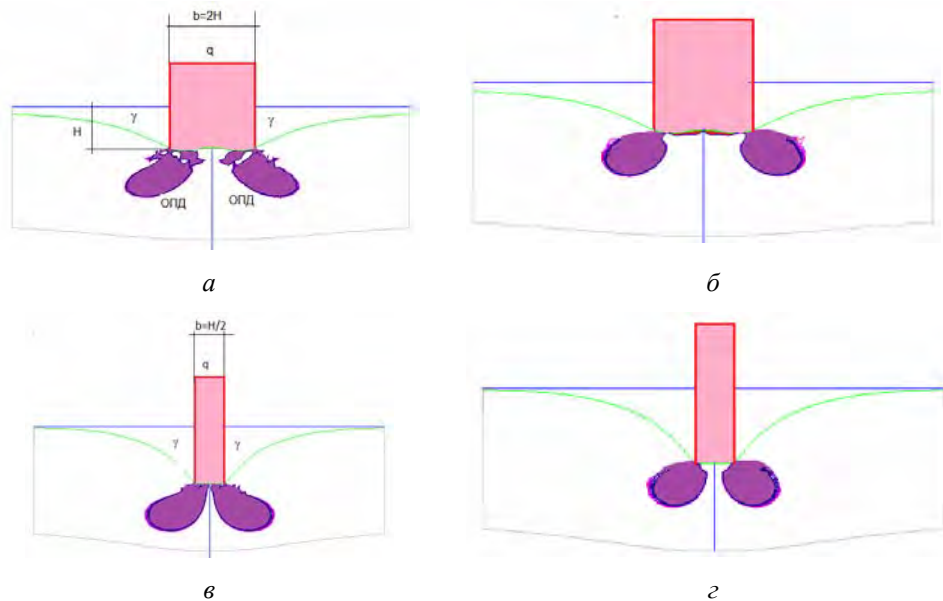


Рис. 4. Области пластических деформаций в однородном основании заглубленного фундамента: а, в — при $\xi_0 = 0,75$; б, г — при $\xi_0 = 0,30$

Отметим, что все вычисления и графические построения проведены при помощи компьютерной программы [13], разработанной в Волгоградском государственном архитектурно-строительном университете.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Польшин Д. Е. Определение напряжения в грунте при загрузке части его поверхности // Труды ВИОС: Основания и фундаменты. Сб. № 1, 1933.
2. Польшин Д. Е. Примечания к статье П. И. Морозова «Определение допускаемой нагрузки по критическому напряженному состоянию» // Труды ВИОС: Основания и фундаменты. Сб. № 9, 1939.
3. Горбунов-Посадов М. И. Устойчивость фундаментов на песчаном основании. М.: Госстройиздат, 1962. 96 с.
4. Цветков В. К. Расчет устойчивости однородных откосов при упругопластическом распределении напряжений в массиве горных пород // Известия вузов. Горный журнал. 1981. № 5. С. 45—52.
5. Соколовский В. В. Статика сыпучей среды. М.; Л.: АН СССР, 1942. 207 с.
6. Соколовский В. В. Теория пластичности. М.: ВШ, 1969. 608 с.

7. Богомолов А. Н., Цветков В. К., Новожинов А. А. Расчет устойчивости однородных нагруженных откосов // Повышение эффективности и надежности транспортных объектов : Межвузовский тематический сборник РИИЖТ. Вып. 183. Ростов н/Д, 1985. С. 84—88.
8. Cagout G. Eguilibre des massifs a frottement interne. Paris, 1934.
9. Wang F. D., Sun M. C., Ropchan D. M. Computer Program for Pit Slope Stability Analysis bei the Fenite Element Stress Analysis and Limiting Eguilibrium Mehtod // RJ 7685. Bureau of Mints, 1972.
10. Цветков В. К. Расчет рациональных параметров горных выработок. М. : Недра, 1993. 251 с.
11. Богомолов А. Н. Расчет несущей способности оснований сооружений и устойчивости грунтовых массивов в упругопластической постановке. Пермь : ПГТУ, 1996. 150 с.
12. Голушкевич С. С. Статика предельных состояний грунтовых масс. М. ; Л. : Гостехтеориздат, 1957. 288 с.
13. Устойчивость (Напряженно-деформированное состояние) / А. Н. Богомолов, О. А. Богомолова, М. Ю. Нестратов, Н. Н. Потапова, М. М. Степанов, А. Н. Ушаков, С. И. Шиян : свид. о гос. рег. программы для ЭВМ № 2009613499 № 2009612297 ; заявл. 19.05.2009 ; зарег. в Реестре программ для ЭВМ 30.06.2009.
1. Pol'shin D. E. Opredelenie napryazheniya v grunte pri zagruzke chasti ego poverkhnosti // Trudy VIOS: Osnovaniya i fundamente. Sb. № 1, 1933.
2. Pol'shin D. E. Primechaniya k stat'e P. I. Morozova «Opredelenie dopuskaemoy nagruzki po kriticheskomu napryazhennomu sostoyaniyu» // Trudy VIOS: Osnovaniya i fundamente. Sb. № 9, 1939.
3. Gorbunov-Posadov M. I. Ustoychivost' fundamentov na peschanom osnovanii. M. : Gosstroyizdat, 1962. 96 s.
4. Tsvetkov V. K. Raschet ustoychivosti odnorodnykh otkosov pri uprugoplasticheskom raspredelenii napryazheniy v massive gornyykh porod // Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal. 1981. № 5. S. 45—52.
5. Sokolovskiy V. V. Statika sypuchey sredy. M. ; L. : AN SSSR, 1942. 207 s.
6. Sokolovskiy V. V. Teoriya plastichnosti. M. : VSh, 1969. 608 s.
7. Bogomolov A. N., Tsvetkov V. K., Novozhenin A. A. Raschet ustoychivosti odnorodnykh nagruzhennykh otkosov // Povyshenie effektivnosti i nadezhnosti transportnykh ob"ektov : Mezhvuzovskiy tematicheskiy sbornik RIIZhT. Vyp. 183. Rostov n/D, 1985. S. 84—88.
8. Cagout G. Eguilibre des massifs a frottement interne. Paris, 1934.
9. Wang F. D., Sun M. C., Ropchan D. M. Computer Program for Pit Slope Stability Analysis bei the Fenite Element Stress Analysis and Limiting Eguilibrium Mehtod // RJ 7685. Bureau of Mints, 1972.
10. Tsvetkov V. K. Raschet ratsional'nykh parametrov gornyykh vyrabotok. M. : Nedra, 1993. 251 s.
11. Bogomolov A. N. Raschet nesushchey sposobnosti osnovaniy sooruzheniy i ustoychivosti gruntovykh massivov v uprugoplasticheskoy postanovke. Perm' : PGTU, 1996. 150 s.
12. Golushkevich S. S. Statika predel'nykh sostoyaniy gruntovykh mass. M. ; L. : Gostekhizdat, 1957. 288 s.
13. Ustoychivost' (Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie) / A. N. Bogomolov, O. A. Bogomolova, M. Yu. Nestratov, N. N. Potapova, M. M. Stepanov, A. N. Ushakov, S. I. Shiyan : svid. o gos. reg. programmy dlya EVM № 2009613499 № 2009612297 ; zayavl. 19.05.2009 ; zareg. v Reestre program dlya EVM 30.06.2009.

© Богомолов А. Н., Богомолова О. А., 2013

Поступила в редакцию
в апреле 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Богомолов А. Н., Богомолова О. А. Смешанная задача теории упругости и теории пластичности грунта для однородного основания // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 13—22.

УДК 624.131

А. Н. Богомолов, О. А. Богомолова, А. А. Иванов**ИНЖЕНЕРНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
ОДНОРОДНОГО ОСНОВАНИЯ ЩЕЛЕВОГО ФУНДАМЕНТА**

Излагается инженерный метод расчета несущей способности однородного основания щелевого фундамента, основанный на результатах анализа напряженного состояния грунтового массива методами теории функций комплексного переменного и экспериментального исследования суммарных сил внутреннего трения и сцепления, действующих по боковой поверхности монолитного фундамента. В процессе разработки инженерного метода получены графические зависимости и их аналитические аппроксимации, позволяющие определить численные значения интенсивности внешнего воздействия, соответствующие величине расчетного сопротивления и предельно допустимой нагрузке на основание при достаточно широком диапазоне изменения переменных расчетных параметров, но без учета сил сопротивления, действующих по боковой поверхности фундамента. Запатентованное авторами устройство позволяет определить суммарную величину сил трения и сцепления, которые возникают на контакте грунт — щелевой фундамент при его устройстве (заливке). Суммируя полученные результаты, можно получить численные значения расчетного сопротивления основания и предельно допустимой нагрузки.

К л ю ч е в ы е с л о в а: щелевой фундамент, расчетные параметры, методы теории функций комплексного переменного, расчетное сопротивление и предельно допустимая нагрузка, суммарные силы трения и сцепления по боковой поверхности щелевого фундамента, устройство для их определения.

The authors develop the engineering calculation method for bearing capacity of flat basis of trencher foundation, based on the results of the analysis of soil mass stress state by the methods of the theory of functions of complex changeable and experimental research of total force of internal friction and bonding operating upon a side surface of the monolithic foundation. When developing the engineering method graphic dependences and their analytical approximations, allowing define numerical values of external load intensity corresponding to design resistance and maximum allowed load on the basis at rather wide range of change of variable calculated parameters without taking into account resistance forces operating upon side surface of the foundation are received. Patented by the authors device allows determine the total friction and bonding forces which arise on the soil contact – trencher foundation when being grouted. Summarizing the received results it is possible to obtain numerical values of calculated resistance of the basis and maximum allowed load.

Key words: trencher foundation, calculated parameters, methods of the theory of functions of complex changeable, calculated resistance and maximum allowed load, total friction forces and bonding upon side surface of the trencher foundation, device for their determination.

Постановка задачи. Несущая способность основания щелевого фундамента складывается из сил сопротивления, действующих по его боковой поверхности и подошве. При этом участие боковой поверхности в общей несущей способности в зависимости от физико-механических свойств грунтов, глубины заложения фундамента и его протяженности может составлять, согласно экспериментальным данным [1], 10...50 % и более. Следовательно, несущая способность основания щелевого фундамента может быть определена путем сложения сил сопротивления, действующих по его боковой поверхности и подошве.

Численные значения величин расчетного сопротивления основания и предельно допустимой нагрузки (без учета сил сопротивления, действующих по поверхности фундамента) могут быть определены как нагрузки,

соответствующие глубине развития областей пластических деформаций (ОПД) на четверть ширины фундамента и моменту смыкания ОПД под его подошвой. Для этого нами использован пакет прикладных компьютерных программ ASV32 [2], разработанный в ВолгГАСУ, в котором формализовано аналитическое решение первой основной граничной задачи теории упругости для весомой изотропной полуплоскости с криволинейной границей [3].

Силы, действующие по боковой поверхности и участвующие в несущей способности основания, могут быть определены для каждого конкретного инженерно-геологических условий при помощи приспособления, запатентованного авторами настоящей публикации [4].

Переменные расчетные параметры. До начала исследования проанализированы данные, приведенные в многочисленных литературных источниках [1; 5; 6—9]. В результате этого анализа установлено, что глубина заложения щелевого фундамента может изменяться в интервале $h_3 \in [2...4]$ м, а наиболее характерными значениями отношения ширины щелевого фундамента к глубине его заложения являются $2b/h_3 = 0,03; 0,13; 0,27; 0,4$.

Если формально подходить к данным, приведенным в работах [10—11], прочностные характеристики связного грунта изменяются в следующих пределах: угол внутреннего трения $\varphi \in [7...30^\circ]$, а удельное сцепление $C \in [9...81]$ кПа. Учитывая это, получим, что величина приведенного давления связности, вычисляемая по формуле $\sigma_{св} = C(\gamma h \operatorname{tg} \varphi)^{-1}$, изменяется в интервале $\sigma_{св} \in [0,2...16,5]$.

При расчетах величина коэффициента бокового давления принята равной $\xi_0 = 0,75$, что соответствует среднему значению для глинистых грунтов [12].

Таким образом, переменные расчетные параметры определены.

Отображающая функция и ее коэффициенты. Для того чтобы отображающая функция (1)

$$z = \omega(\zeta) = C_0 + C\xi - \sum_{k=0}^n \frac{C_{2k+1}}{(\zeta + a - bi)^{2k+1}}, \quad (1)$$

(где $z = x + iy$, $\zeta = \xi + i\eta$, $\eta < 0$, $C_0, C, C_1, \dots, C_{2k+1}$ — действительные или комплексные коэффициенты; a, b — действительные числа, причем $b < 0$) совершала конформное отображение нижней полуплоскости $\operatorname{Im} Z < 0$ на односвязную полубесконечную область S (рис. 1) с криволинейной границей L и заданными значениями величины отношения ширины выреза к его глубине, использованы соответствующим образом подобранные ее коэффициенты, численные значения которых приведены в табл.

Результаты. Вычисление напряжений и построение областей пластических деформаций проведено при помощи компьютерной программы ASV32 [2], разработанной в Волгоградском государственном архитектурно-строительном университете, для всех возможных сочетаний численных значений переменных расчетных параметров $2b/h_3$, $\sigma_{св}$ и φ . При этом использован прием, позволяющий имитировать вырез в виде вытянутого прямоугольника, как это сделано в работе [13].

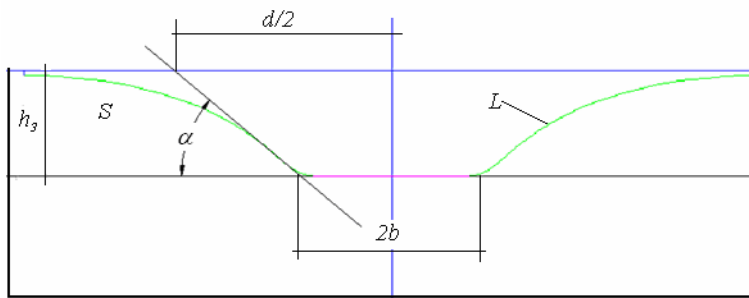


Рис. 1. Полуплоскость S с криволинейной границей L

Значения коэффициентов C_{2k+1} при заданных величинах отношениях $2b/h_3$

$2b/h_3$	$\beta, ^\circ$	C_1	C_3	C_5	C_7	C_9	C_{11}
0,03	87	2,145	-14,625	-59,300	-113,500	-88,100	40,000
0,14	86	2,028	-13,850	-57,775	-104,320	-81,486	0,000
0,27	85	1,900	-13,000	-56,500	-100,750	-72,000	0,000
0,4	84,5	1,800	-12,333	-55,500	-99,972	-68,200	0,000

На рис. 2 в качестве примера приведены изолинии трех компонент напряжения в весоной изотропной полуплоскости с имитируемым вырезом в виде узкой прямоугольной щели, а на рис. 3 — области пластических деформаций при их зарождении и развитии и в момент достижения предельно допустимой нагрузки (смыкание ОПД).

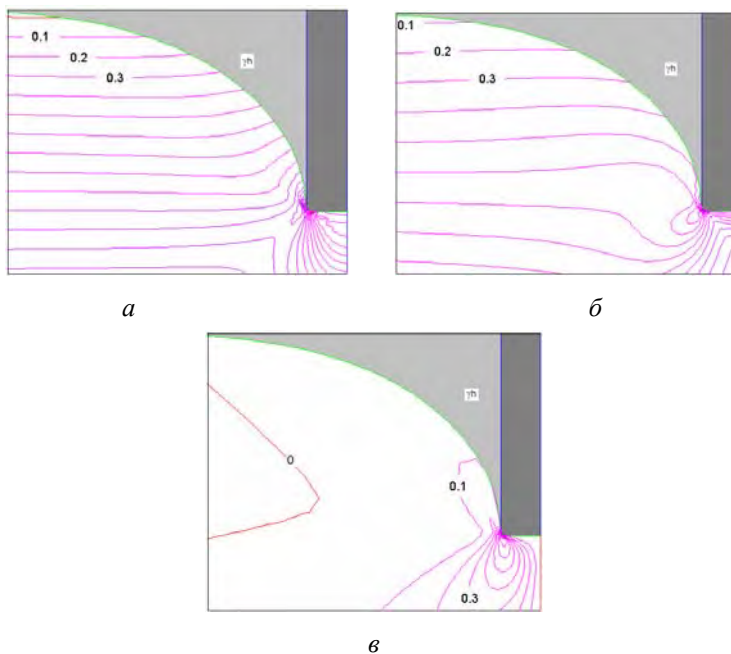


Рис. 2. Картины безразмерных (в долях γh) вертикальной σ_z (а), горизонтальной σ_x (б) и касательной τ_{zx} (в) компонент напряжения в весоной изотропной полуплоскости с имитацией щели прямоугольного сечения при величине отношения ее ширины к высоте $2b/h_3 = 0,4$

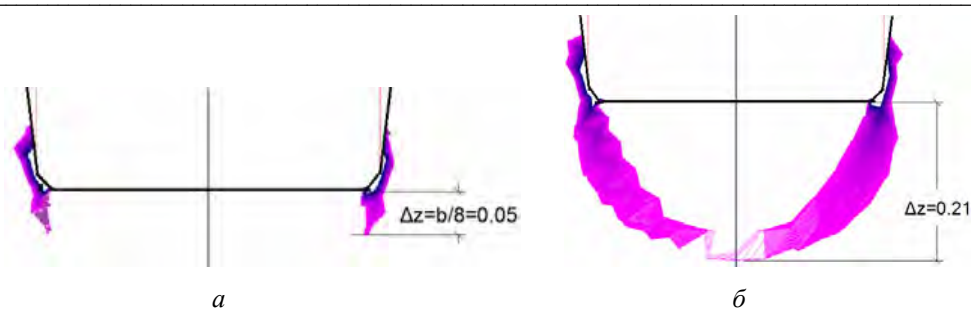


Рис. 3. Области пластических деформаций в основании щелевого фундамента при зарождении и развитии (а) и в момент достижения предельно допустимой нагрузки (смыкание ОПД) (б)

Анализ и обработка полученных изображений областей пластических деформаций в основании щелевого фундамента позволили построить графические зависимости вида $\Delta Z = f(q)$, где величины ΔZ и q измеряются соответственно в долях h_3 и γh_3 . Для всех остальных значений переменных расчетных параметров также построены соответствующие кривые, которые выглядят совершенно аналогично.

На рис. 4 в качестве примера изображены кривые вида $\Delta Z = f(q)$ при величине приведенного давления связности $\sigma_{св} = 16,5$.

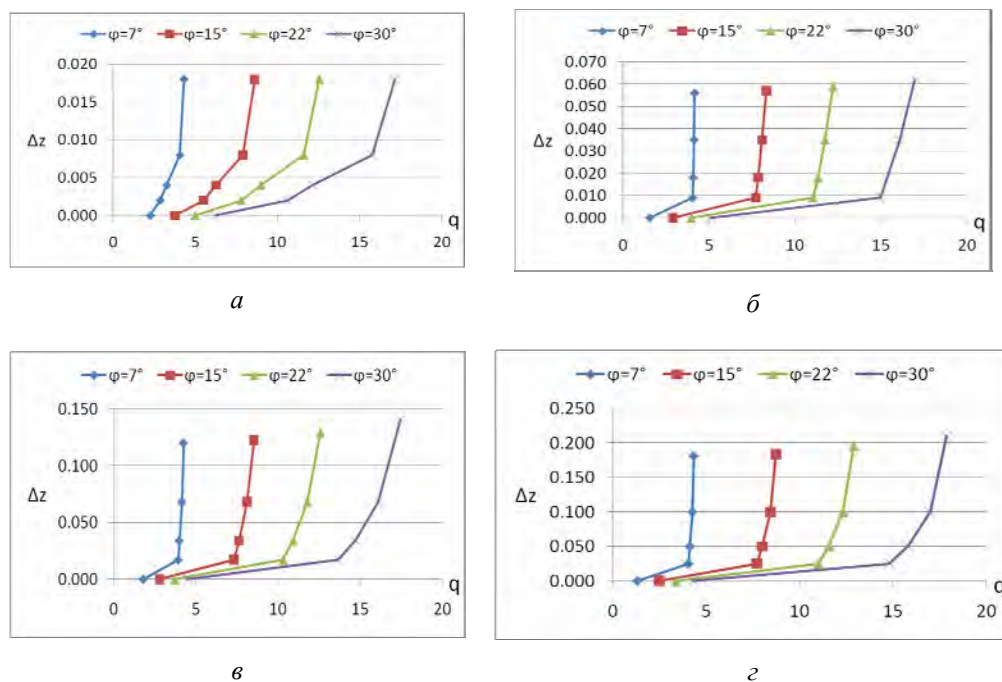


Рис. 4. Графические зависимости вида $\Delta Z = f(q)$ при $b/h = 0,03; 0,14; 0,27; 0,4$ (а, б, в, г соответственно)

Минимальные значения интенсивности внешнего воздействия $q_{\min}$ соответствуют моменту времени, когда под краями щелевого фундамента визуально наблюдается появление точек, в которых наступило предельное состояние грунта. Максимальное значение нагрузки $q_{\max}$ соответствует моменту времени, когда произошло смыкание образовавшихся с обеих сторон от фундамента областей пластических деформаций. Таким образом, величины $q_{\min}$ и $q_{\max}$ можно рассматривать как первую критическую и предельно допустимую нагрузки.

Анализируя кривые, приведенные на рис. 4, и проводя не сложные математические вычисления, можно легко увидеть, что полученные линии практически со 100%-й точностью аппроксимируются кусочно-линейной зависимостью, а на участках $\Delta Z \in [0 \dots 2b/16]$; $\Delta Z \in [2b/16 \dots 2b/4]$ и от $\Delta Z = b/4$ до глубины смыкания ОПД областей пластических деформаций они представлены отрезками прямых линий. Поэтому на каждом из этих участков уравнение зависимости $\Delta Z = f(q)$ может быть записано в виде

$$\Delta Z = Aq - B, \quad (2)$$

где ΔZ — глубина (в долях h_3) развития областей пластических деформаций; A, B — безразмерные коэффициенты; q — величина безразмерной (в долях γh_3) интенсивности равномерно распределенной нагрузки.

Ниже на рис. 5—7 приведены кривые, позволяющие с погрешностью от 0 до 3,7 % определить численные значения коэффициентов A и B для всех возможных сочетаний переменных расчетных параметров, рассмотренных в настоящей работе.

На рисунках также приведены аналитические выражения, по которым искомые коэффициенты A и B могут быть легко вычислены с погрешностью, не превышающей указанную выше.

Таким образом, получены графические зависимости и формулы, позволяющие для всех возможных сочетаний переменных расчетных параметров, рассмотренных в настоящей работе, определить глубину развития областей пластических деформаций в основании щелевого фундамента. Для этого необходимо задаться численными значениями угла внутреннего трения, приведенного давления связности и отношения геометрических параметров фундамента $2b/h_3$. Затем выбрать график, который им соответствует, и определить по нему, используя метод линейной интерполяции, коэффициенты A и B . Подставив значения коэффициентов и величины внешней нагрузки в уравнение (2), отыщем глубину развития областей пластических деформаций ΔZ .

Проделав те же операции и подставив вместо ΔZ величину $2b/4$, можно определить значение расчетного сопротивления R .

Напомним еще раз, что в формулу (2) величина внешней нагрузки входит уменьшенной на суммарную величину сил трения и сцепления, действующих по боковой поверхности фундамента, которые необходимо добавлять к получаемому результату.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павлов В. В. Щелевые фундаменты. Красноярск : Стройиздат, 1992. 139 с.
2. Богомолов А. Н., Вихарева О. А., Редин А. В. Пакет прикладных компьютерных программ ASV32 для исследования устойчивости грунтовых массивов // Город, экология, строительство. Каир, 1999. 33—34 с.

3. *Богомолов А. Н.* Расчет несущей способности оснований сооружений и устойчивости грунтовых массивов в упругопластической постановке. Пермь : ПГТУ, 1996. 150 с.

4. *Богомолов А. Н., Богомолова О. А., Иванов А. А.* Устройство для определения суммарных сил трения и сцепления по боковой поверхности подземной части монолитного фундамента : пат. № 126332 от 27 марта 2013 г.

5. *Смородинов М. И., Федоров Б. С.* Устройство сооружений и фундаментов способом «стена в грунте». М. : Стройиздат, 1986. 216 с.

6. ТКП 45-5.01-39—2006 (02250). Фундаменты щелевые. Правила проектирования и устройства. Минск : РУП «Стройтехнорм», 2006.

7. Основания, фундаменты и подземные сооружения / М. И. Горбунов-Посадов, В. А. Ильичев, В. И. Крутов и др. ; под общ. ред. Е. А. Сорочана и Ю. Г. Трофименкова. М. : Стройиздат, 1985. 480 с.

8. Основания и фундаменты : справочник / Г. И. Швецов, И. В. Носков, А. Д. Слободян, Г. С. Госькова ; под ред. Г. И. Швецова. М. : Высш. шк., 1991. 383 с.

9. Подземные сооружения, возводимые способом «стена в грунте» / В. М. Зубков, Е. М. Перлей, В. Ф. Раюц и др. Л. : Стройиздат, 1977. 200 с.

10. СНиП 2.02.01—83. Прил. 1. Нормативные значения прочностных и деформационных характеристик грунтов. М. : Стройиздат, 1985. 40 с.

11. *Каган А. А.* Расчетные характеристики грунтов. М. : Стройиздат, 1985. 247 с.

12. *Вялов С. С.* Реологические основы механики грунтов. М. : Высш. шк., 1978. 447 с.

13. *Богомолов А. Н.* Определение напряженного состояния основания сваи-стойки // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. 1999. № 1. С. 29—34.

1. *Pavlov V. V. Shchelevye fundamenty.* Krasnoyarsk : Stroyizdat, 1992. 139 s.

2. *Bogomolov A. N., Vikhareva O. A., Redin A. V.* Paket prikladnykh komp'yuternykh programm ASV32 dlya issledovaniya ustoychivosti gruntovykh massivov // Gorod, ekologiya, stroitel'stvo. Kair, 1999. 33—34 s.

3. *Bogomolov A. N.* Raschet nesushchey sposobnosti osnovaniy sooruzheniy i ustoychivosti gruntovykh massivov v uprugoplasticheskoy postanovke. Perm' : PGU, 1996. 150 s.

4. *Bogomolov A. N., Bogomolova O. A., Ivanov A. A.* Ustroystvo dlya opredeleniya summarnykh sil treniya i stsepleniya po bokovoy poverkhnosti podzemnoy chasti monolitnogo fundamenta : pat. № 126332 ot 27 marta 2013 g.

5. *Smorodinov M. I., Fedorov B. S.* Ustroystvo sooruzheniy i fundamentov sposobom «stena v grunte». M. : Stroyizdat, 1986. 216 s.

6. ТКП 45-5.01-39—2006 (02250). Fundamenty shchelevye. Pravila proektirovaniya i ustroystva. Minsk : RUP «Stroytekhnorm», 2006.

7. Osnovaniya, fundamenty i podzemnye sooruzheniya / M. I. Gorbunov-Posadov, V. A. Il'ichev, V. I. Krutov i dr. ; pod obshch. red. E. A. Sorochana i Yu. G. Trofimenkova. M. : Stroyizdat, 1985. 480 s.

8. Osnovaniya i fundamenty : spravochnik / G. I. Shvetsov, I. V. Noskov, A. D. Slobodyan, G. S. Gos'kova ; pod red. G. I. Shvetsova. M. : Vyssh. shk., 1991. 383 s.

9. Podzemnye sooruzheniya, vozvodimye sposobom «stena v grunte» / V. M. Zubkov, E. M. Perley, V. F. Rayuts i dr. L. : Stroyizdat, 1977. 200 s.

10. SNiP 2.02.01—83. Pril. 1. Normativnye znacheniya prochnostnykh i deformatsionnykh kharakteristik gruntov. M. : Stroyizdat, 1985. 40 s.

11. *Kagan A. A.* Raschetnye kharakteristiki gruntov. M. : Stroyizdat, 1985. 247 s.

12. *Vyalov S. S.* Reologicheskie osnovy mekhaniki gruntov. M. : Vyssh. shk., 1978. 447 s.

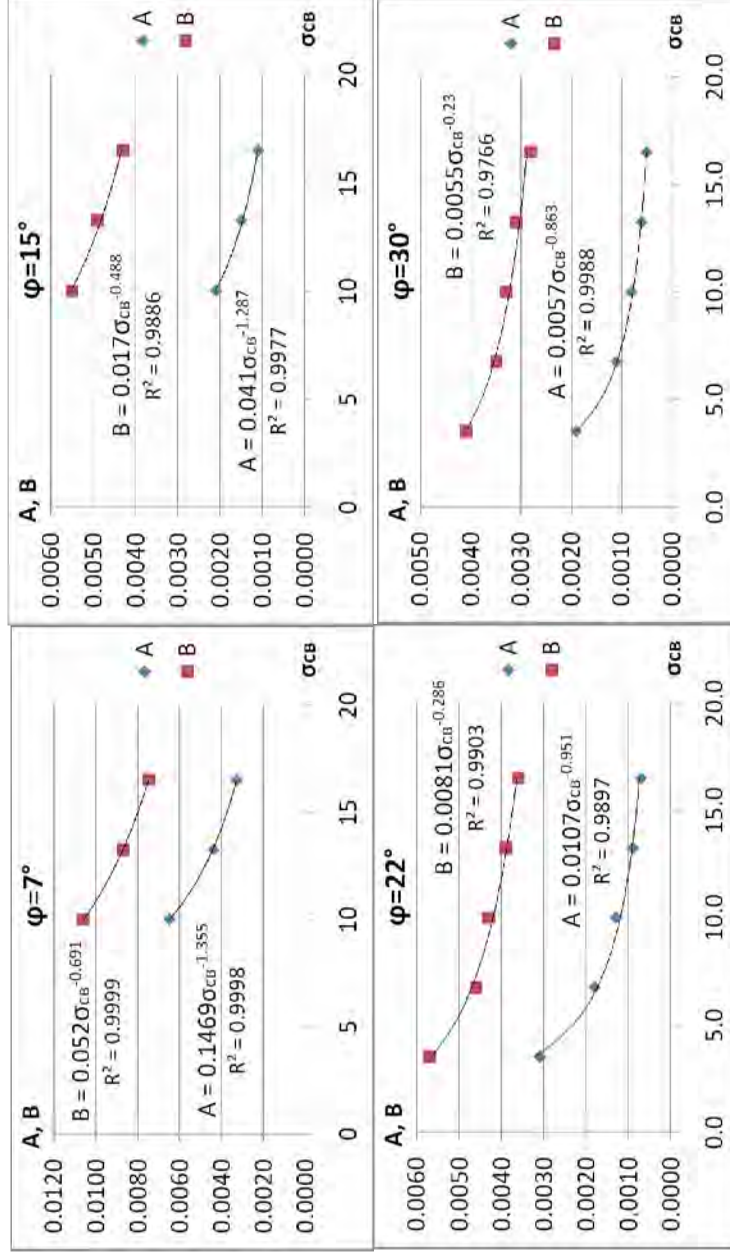
13. *Bogomolov A. N.* Opredelenie napryazhennogo sostoyaniya osnovaniya svai-stoyki // Vestnik VolgGASU. Ser.: Str-vo i arkh. 1999. № 1. S. 29—34.

© *Богомолов А. Н., Богомолова О. А., Иванов А. А., 2013*

*Поступила в редакцию
в июне 2013 г.*

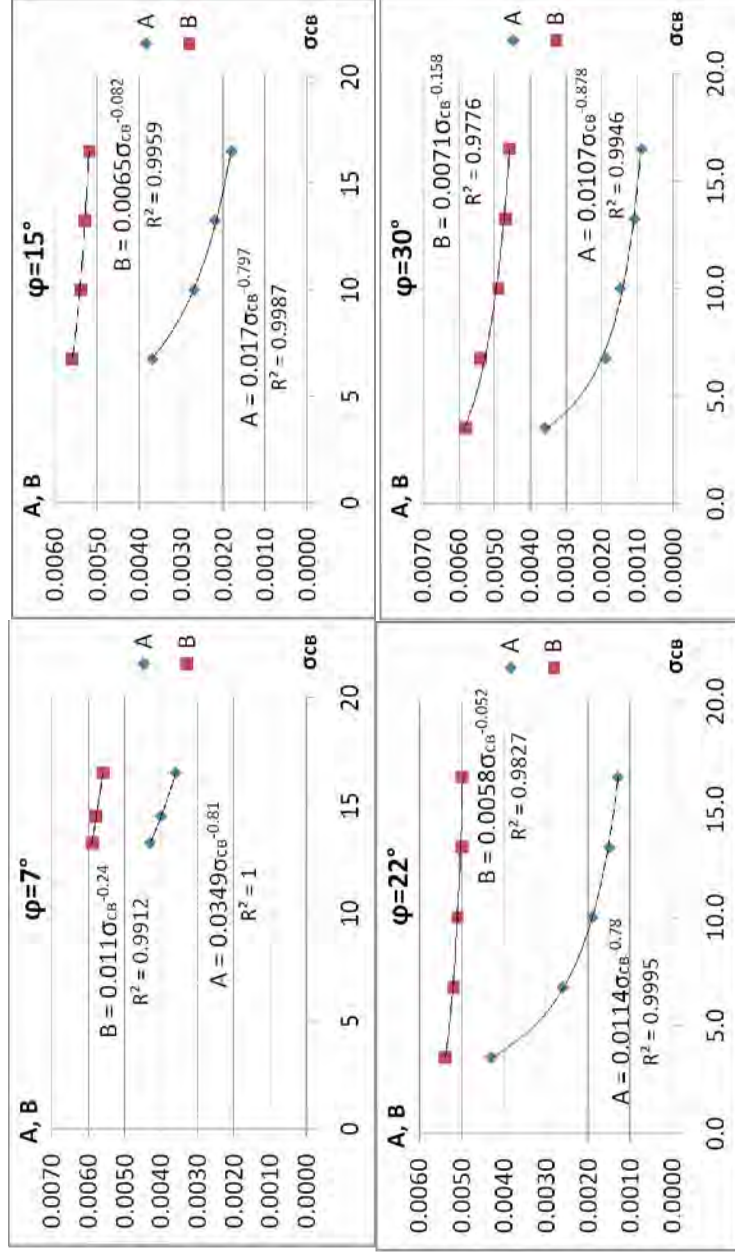
Ссылка для цитирования:

Богомолов А. Н., Богомолова О. А., Иванов А. А. Инженерный метод расчета несущей способности однородного основания щелевого фундамента // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 23—40.



a

Рис. 5 (начало). Графические зависимости вида $A, B = f(\sigma_{св})$ при $\Delta Z \in [0; 2b/16]$ и $2b/h_3 = 0.03; 0.14; 0.27; 0.4$ (a; б; в; г соответственно)



б

Рис. 5 (продолжение). Графические зависимости вида $A, B = f(\sigma_{cb})$ при $\Delta Z \in [0; 2b/16]$ и $2b/h_3 = 0,03; 0,14; 0,27; 0,4$ (а; б; в; г соответственно)

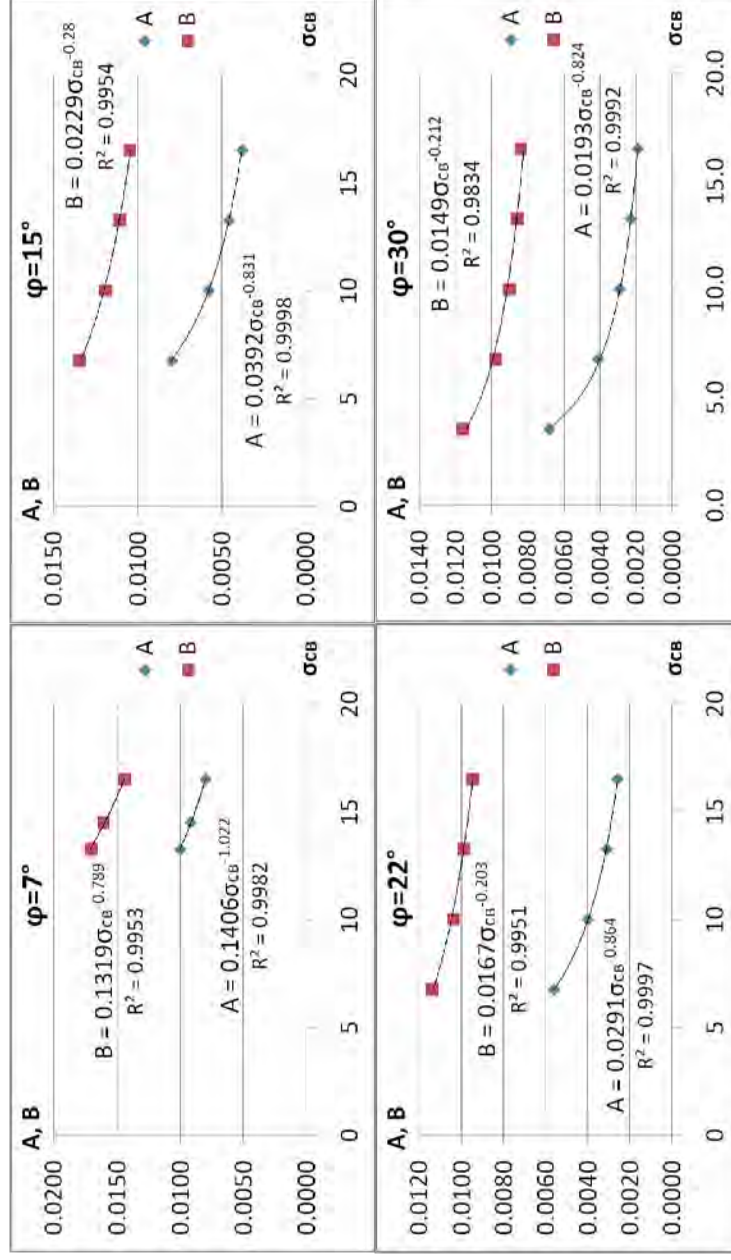


Рис. 5 (продолжение). Графические зависимости вида $A, B = f(\sigma_{cv})$ при $\Delta Z \in [0; 2b/h_3]$ и $2b/h_3 = 0,03; 0,14; 0,27; 0,4$ (a ; b ; c соответственно)

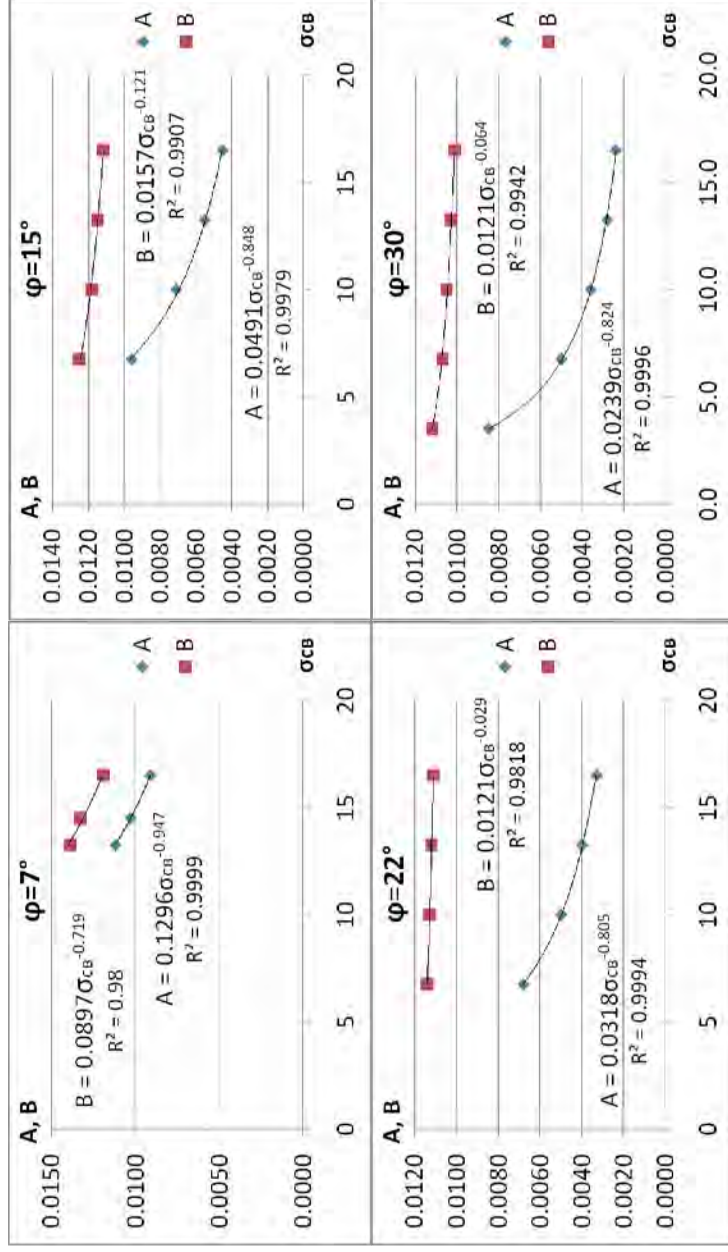
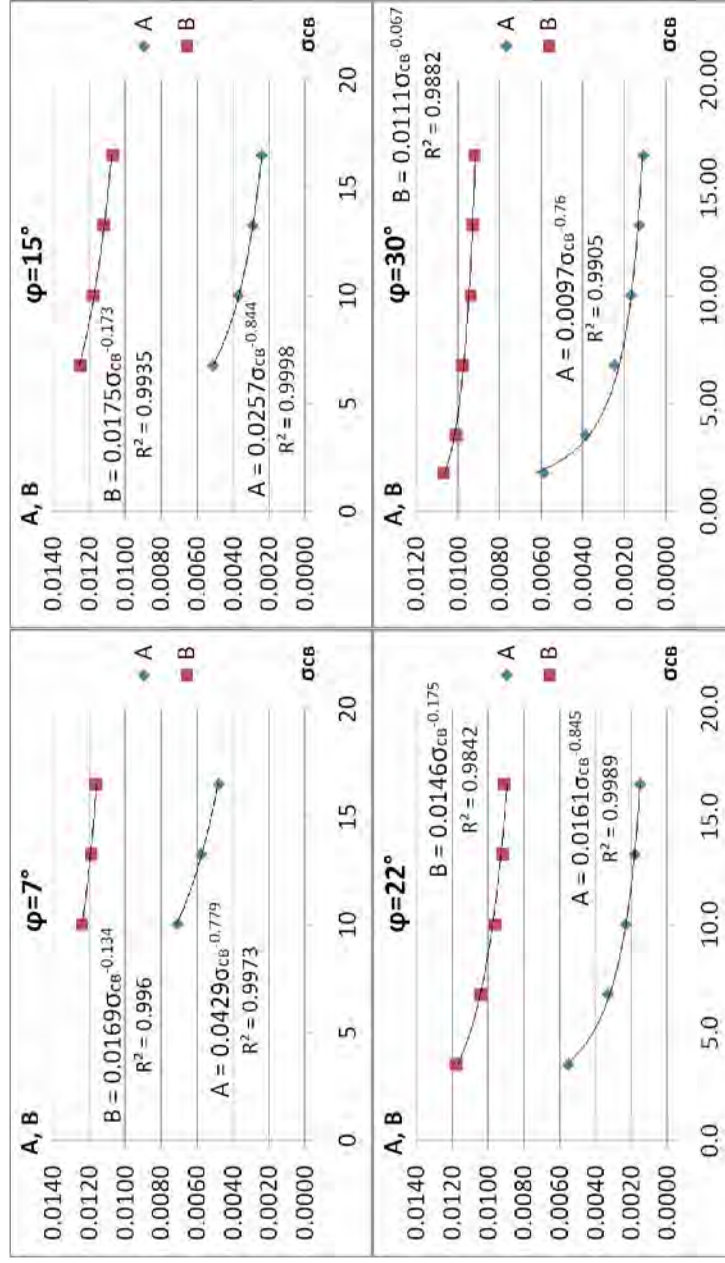
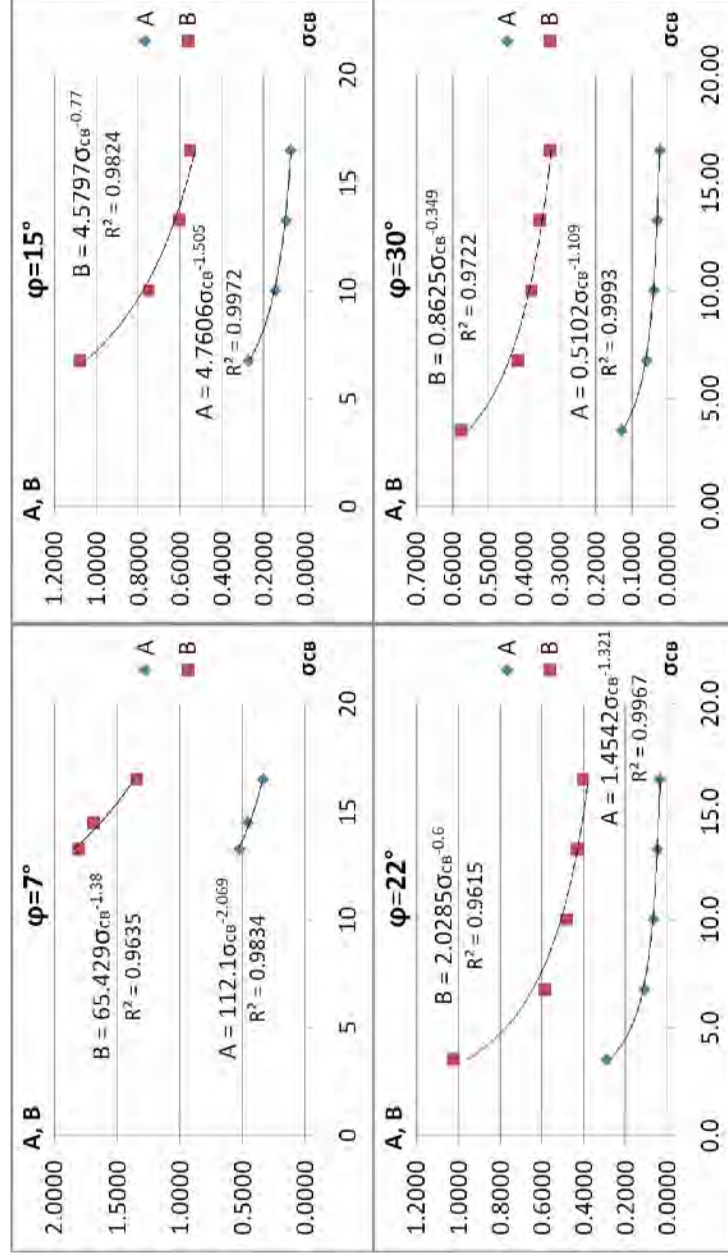


Рис. 5 (окончание). Графические зависимости вида $A, B = f(\sigma_{св})$ при $\Delta Z \in [0; 2b/16]$ и $2b/h_3 = 0.03; 0.14; 0.27; 0.4$ (a ; b ; e ; z соответственно)



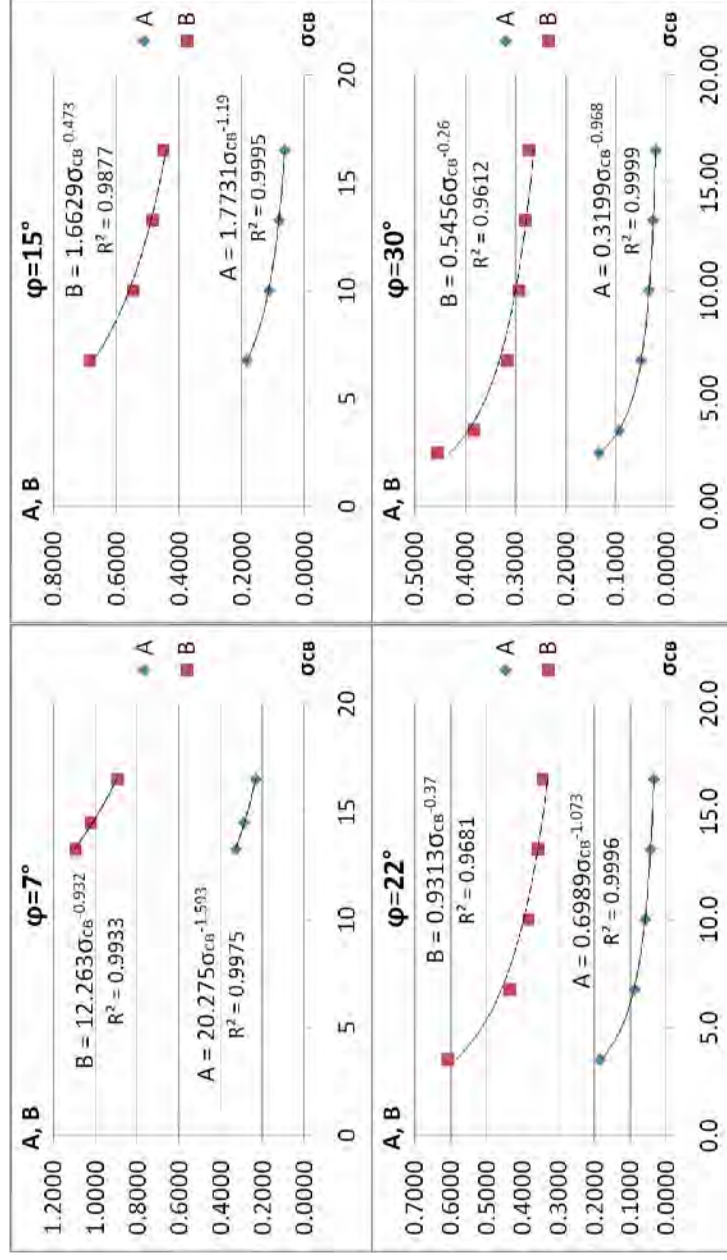
a

Рис. 6 (начало). Графические зависимости вида $A, B = f(\sigma_{sv})$ при $\Delta Z \in [2b/16; 2b/4]$ и $2b/h_3 = 0,03; 0,14; 0,27; 0,4$ (a; б; в; г соответственно)



6

Рис. 6 (продолжение). Графические зависимости вида $A, B = f(\sigma_{cv})$ при $\Delta Z \in [2b/16; 2b/4]$ и $2b/h_3 = 0,03; 0,14; 0,27; 0,4$ ($a; \delta; e; z$ соответственно)



6

Рис. 6 (продолжение). Графические зависимости вида $A, B = f(\sigma_{cb})$ при $\Delta Z \in [2b/16; 2b/4]$ и $2b/h_3 = 0,03; 0,14; 0,27; 0,4$ (a; б; в; г соответственно)

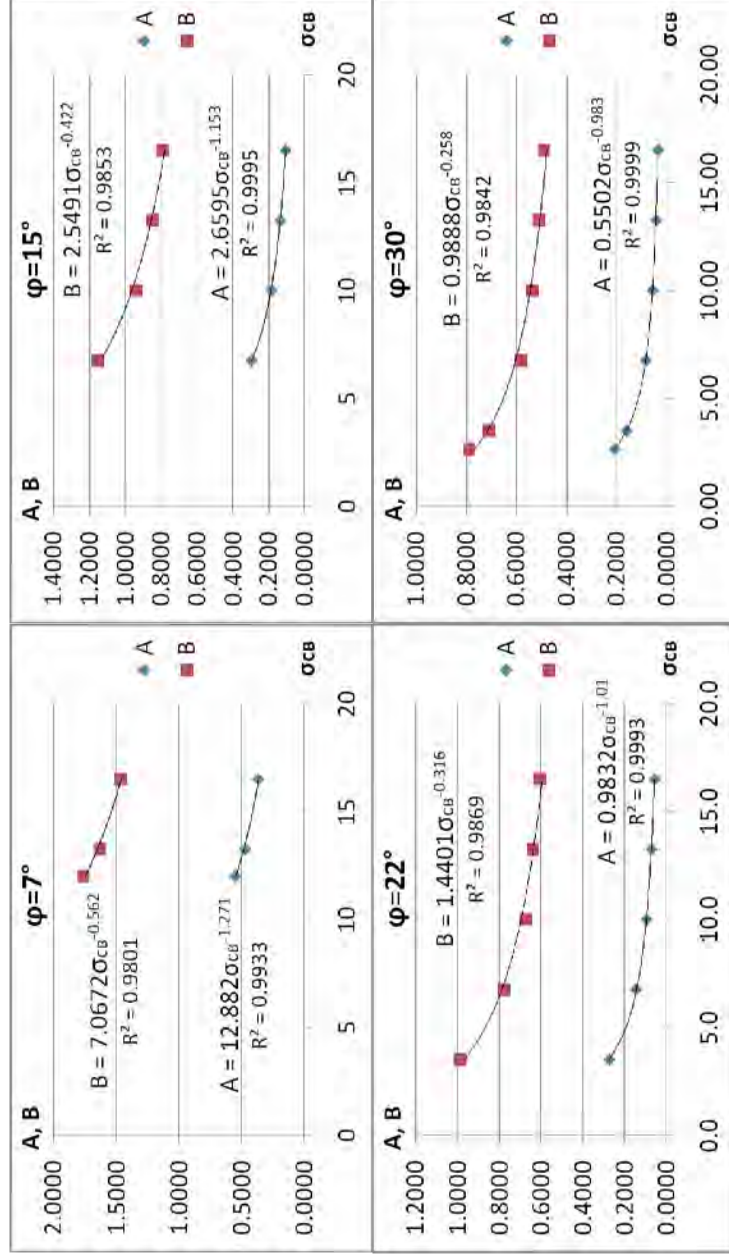
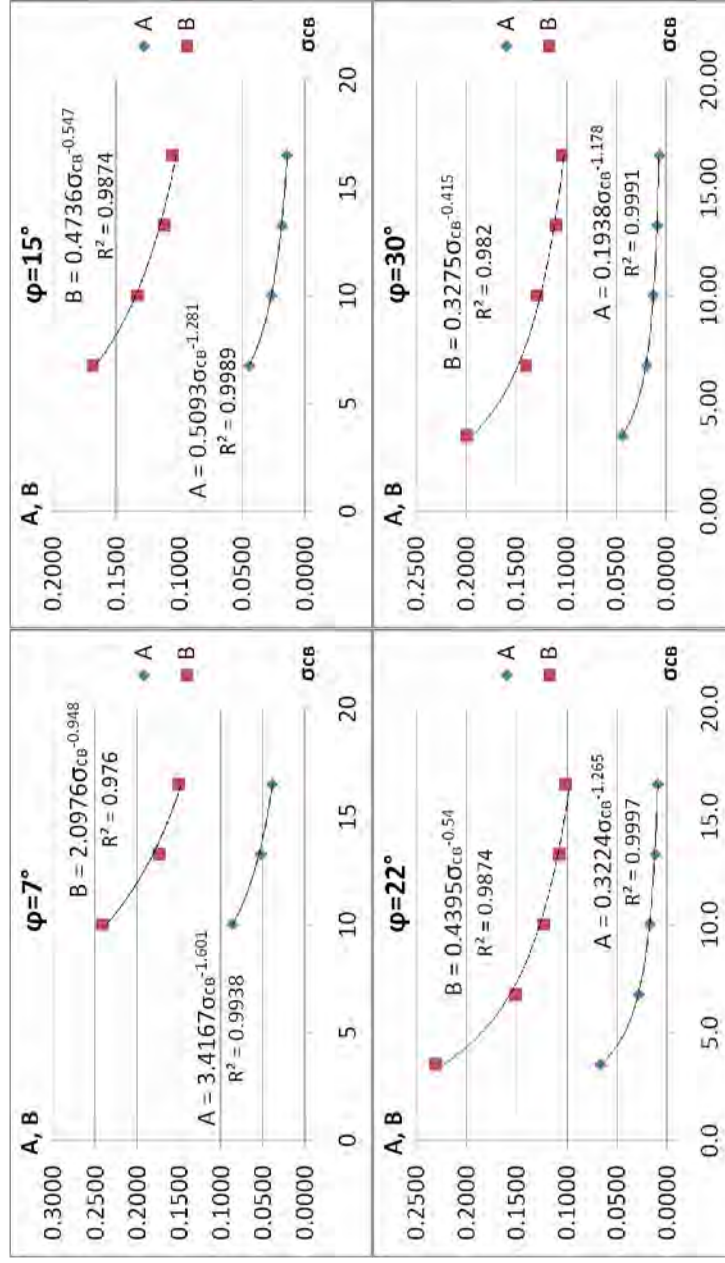
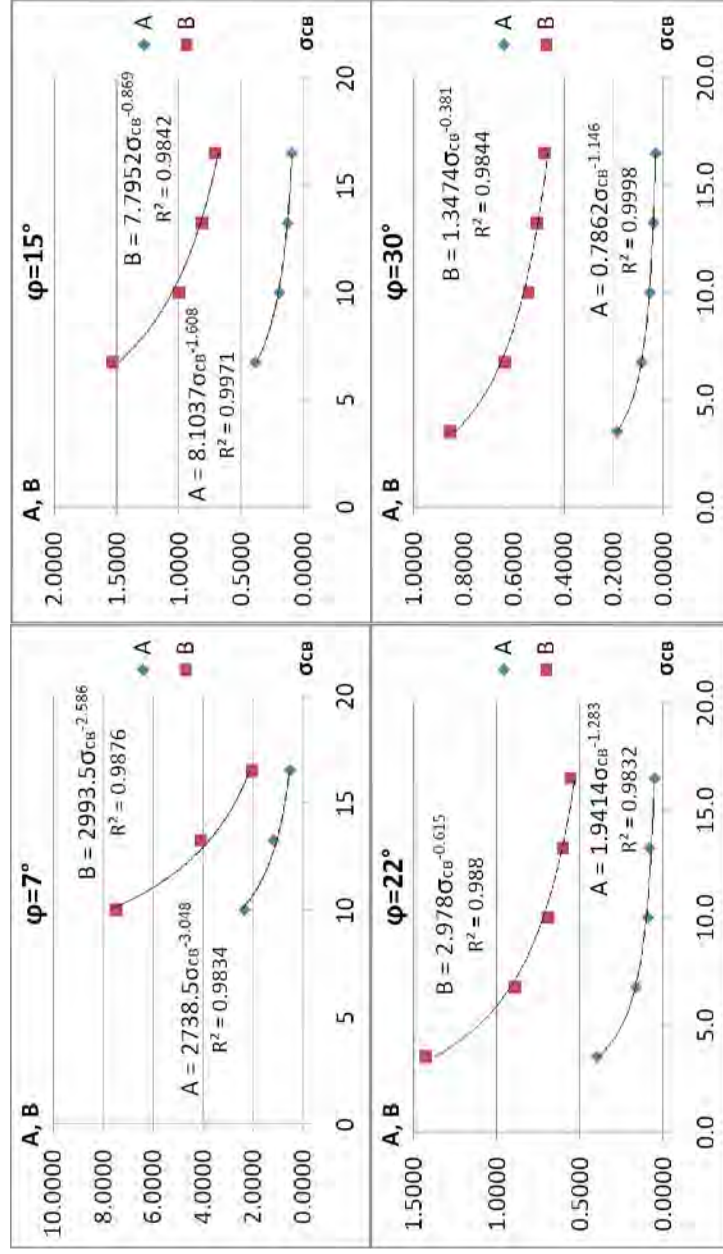


Рис. 6 (окончание). Графические зависимости вида $A, B = f(\sigma_{sv})$ при $\Delta Z \in [2b/16; 2b/4]$ и $2b/h_3 = 0,03; 0,14; 0,27; 0,4$ (a ; b ; z соответственно)



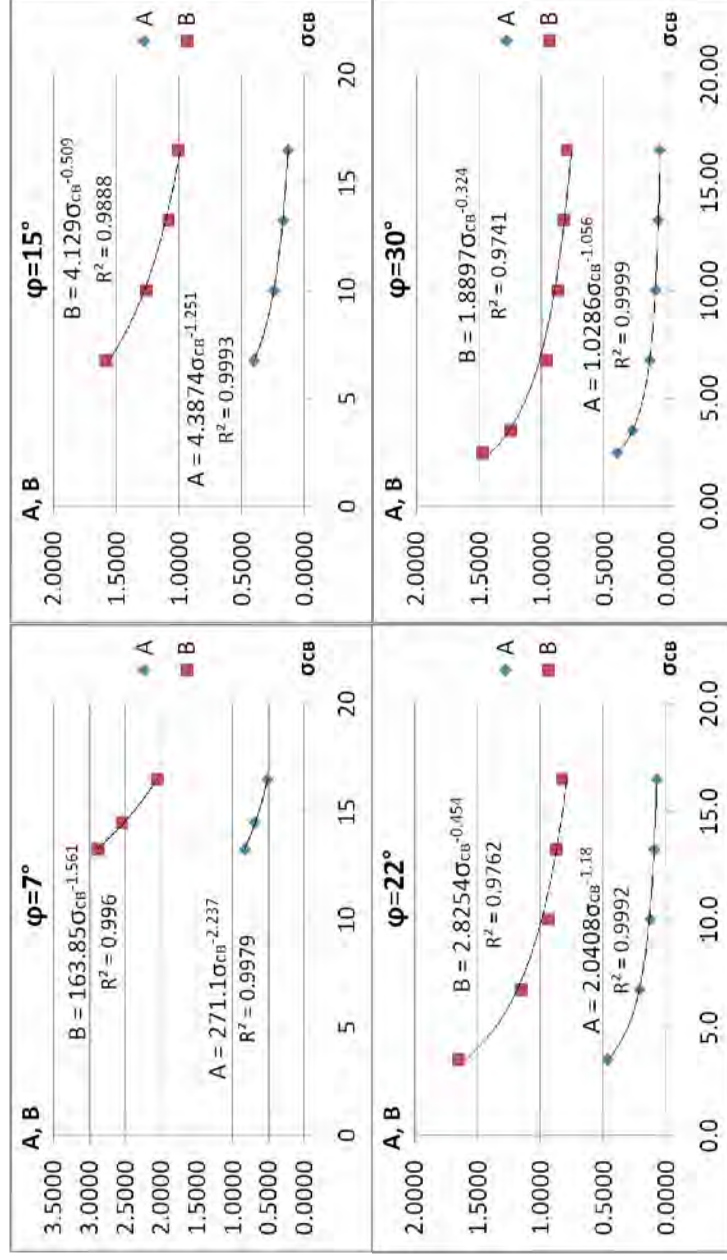
a

Рис. 7 (начало). Графические зависимости вида $A, B = f(\sigma_{cv})$ при $\Delta Z \in [2b/16; \text{смыкание}]$ и $2b/h_3 = 0,03; 0,14; 0,27; 0,4$ (a; б; в; г соответственно)



6

Рис. 7 (продолжение). Графические зависимости вида $A, B = f(\sigma_{cb})$ при $\Delta Z \in [2b/16; \text{смыкание}]$ и $2b/h_3 = 0,03; 0,14; 0,27; 0,4$ (a ; b ; e ; z соответственно)



6

Рис. 7 (продолжение). Графические зависимости вида $A, B = f(\sigma_{св})$ при $\Delta Z \in [2b/16; \text{смыкание}]$ и $2b/h_3 = 0,03; 0,14; 0,27; 0,4$ (a; б; в; г соответственно)

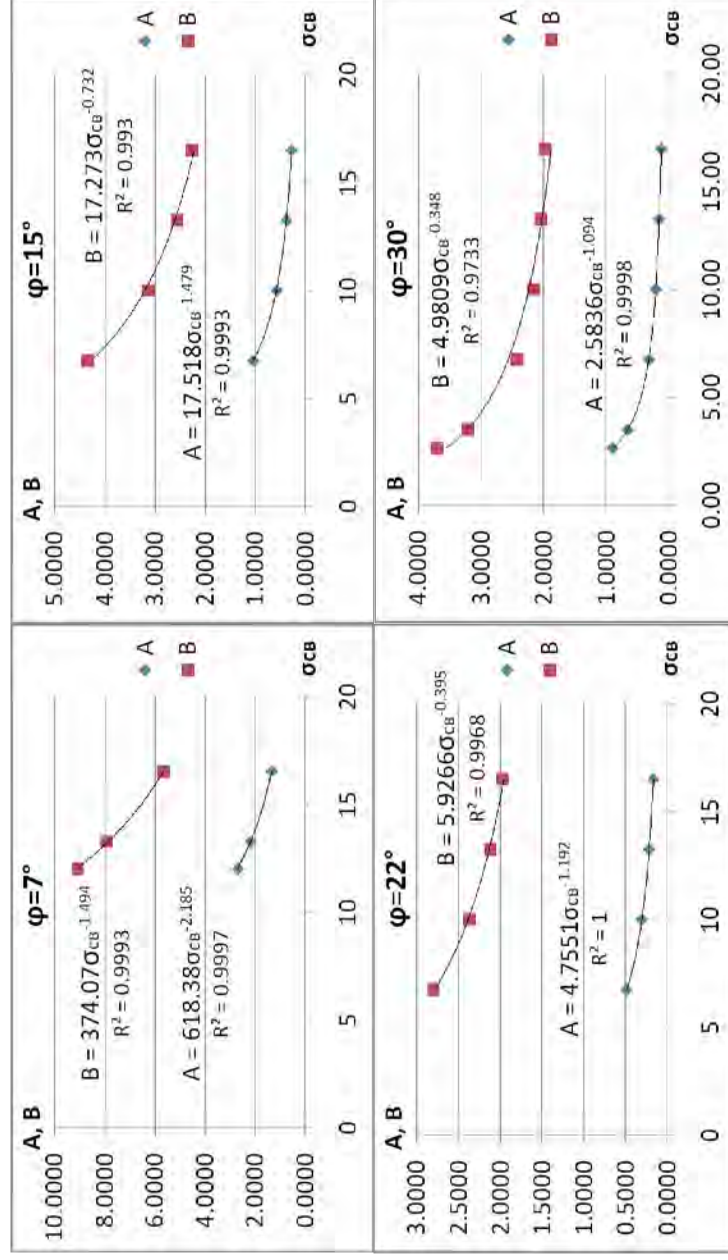


Рис. 7 (окончание). Графические зависимости вида $A, B = f(\sigma_{cb})$ при $\Delta Z \in [2b/16; \text{смыкание}]$ и $2b/h_3 = 0,03; 0,14; 0,27; 0,4$ (α ; δ ; ϵ ; z соответственно)

УДК 697.112:536.241

А. В. Дюпин, Е. В. Корепанов

ДИНАМИКА ОХЛАЖДЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЯ С ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ В КОНСТРУКЦИИ СТЕН

Приведена математическая модель и результаты исследования эффективности применения теплоаккумулирующих материалов с фазовым переходом в ограждающих конструкциях и показано ее влияние на динамику охлаждения и параметры теплового режима помещения.

К л ю ч е в ы е с л о в а: тепловой режим помещения, толщина теплоаккумулирующего материала, периодическая система отопления, охлаждение помещения.

The mathematical model and the results of the research of the effectiveness of use of heat-retaining materials with phase transition in envelopes are provided. Its influence on cooling dynamics and room's thermal rate parameters are shown.

К e y w o r d s: room's thermal rate, thickness of heat-retaining material, periodic heating system, cooling of a room.

Местные системы теплоснабжения как в индивидуальных зданиях, так и в многоквартирных жилых домах с индивидуальным теплоснабжением от газовых котлов или электрических нагревателей отличаются периодическим характером работы источника теплоты. Температура воздуха в помещениях при этом может колебаться в пределах 3...5 °С как из-за тепловой инерционности здания и системы отопления, так и из-за настройки системы автоматики источника теплоты. Максимальное потребление энергии происходит в дневное время, когда устанавливается комфортная для жильцов температура, как правило, в пределах 22...23 °С. В ночное время рекомендуется снижать температуру в помещении до санитарно-гигиенической нормы в 18 °С. В этих условиях целесообразно использовать аккумуляторы теплоты с фазовым переходом, позволяющие сглаживать суточную неравномерность и экономить потребление энергии на отопление [1].

Наибольшее распространение для аккумулятирования теплоты получили теплоаккумулирующие материалы на основе парафинов с фазовым переходом «твердое тело — жидкость», позволяющие накапливать относительно большое количество тепла в диапазоне температур 18...23 °С при незначительных изменениях объема. Эти материалы нашли широкое применение в строительной отрасли Германии [2]. Теплоаккумулирующие материалы выпускаются в виде порошка, чистого вещества, в макро-, микрокапсулах. Капсулированные теплоаккумулирующие материалы добавляются как в смеси для оштукатуривания стен, так и в листы гипсокартона.

Теплоаккумулирующие материалы могут также применяться в теплонасосных системах теплоснабжения с температурой теплоносителя 50...55 °С и в комбинации с вакуумными солнечными коллекторами (особенно в осенние и весенние месяцы).

С целью анализа эффективности применения теплоаккумулирующих материалов в конструкции стен здания выполнены численные исследования теплового режима помещения. Перенос теплоты в слое теплоаккумулирующего материала решается как задача Стефана с фазовым переходом «твердое тело — жидкость» [3, 4].

Математическая модель теплового режима помещения включает:

1) уравнение теплового баланса помещения

$$c_B \rho_B V_{\Pi} \frac{\partial T_B}{\partial \tau} = \sum_i^n k_{\text{ок}} (T_H - T_B) F_{\text{ок}} + \sum_i^m \left[\alpha_{\text{в}i} (T_B - T_{F_i}) + \alpha_{\text{луч}} (T_{F_i} - T_R) \right] F_i;$$

2) уравнение теплопроводности ограждений (наружная стена, перекрытия, межквартирные и межкомнатные перегородки)

$$c_i \rho_i \frac{\partial T_i}{\partial \tau} = \lambda_i \frac{\partial^2 T_i}{\partial x^2};$$

3) граничные условия для наружной стены

$$-\lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial x_i} \Big|_{x=\delta} = \alpha_H (T_i - T_H),$$

$$-\lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial x_i} \Big|_{x=0} = \alpha_{\text{в}i} (T_B - T_i) + \alpha_{\text{луч}} (T_i - T_R);$$

4) граничные условия для перегородок

$$-\lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial x_i} \Big|_{x=0} = \alpha_{\text{в}i} (T_B - T_i) + \alpha_{\text{луч}} (T_i - T_R),$$

$$-\lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial x_i} \Big|_{x=\delta/2} = 0;$$

5) уравнение двухфазового состояния теплоаккумулирующего слоя в одномерной постановке

$$(c\rho)_{\text{тв}} \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_{\text{тв}} \frac{\partial T}{\partial x} \right), \xi(\tau) < x < \delta_{\text{ас}}, \tau > 0,$$

$$(c\rho)_{\text{ж}} \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_{\text{ж}} \frac{\partial T}{\partial x} \right), 0 < x < \xi(\tau), \tau > 0,$$

$$\lambda_{\text{тв}} \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{\xi-0} - \lambda_{\text{ж}} \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{\xi+0} = \rho_{\text{тв}} q_{\text{ф}} \frac{d\xi}{d\tau}, x = \xi(\tau),$$

$$T \Big|_{\xi-0} = T \Big|_{\xi+0} = T_{\text{ф}}.$$

Здесь c_B, ρ_B — теплоемкость и плотность воздуха соответственно; V_{Π} — объем помещения; $F_{\text{ок}}, F_i$ — площадь окон и ограждений; T_H, T_B, T_{F_i}, T_R — температура наружного воздуха, внутреннего воздуха, внутренней поверхности ограждения и радиационная температура помещения; α_H — коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности ограждений; $\alpha_{\text{в}i}$ — коэффициент теплоотдачи

на внутренней поверхности ограждений; $\alpha_{\text{луч}}$ — эквивалентный коэффициент лучистого теплообмена; $k_{\text{ок}}$ — коэффициент теплопередачи окна; $\lambda_{\text{тв}}$, $\lambda_{\text{ж}}$, $(\text{ср})_{\text{тв}}$, $(\text{ср})_{\text{ж}}$ — коэффициенты теплопроводности, удельная теплоемкость и плотность теплоаккумулирующего материала в твердом и жидком состоянии; $T_{\text{ф}}$, $q_{\text{ф}}$ — температура и теплота фазового перехода; δ — толщина ограждения; $\delta_{\text{ас}}$ — толщина теплоаккумулирующего слоя.

Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{\text{н}}$ определялся по рекомендациям свода правил СП 23-101—2000, а коэффициенты теплоотдачи $\alpha_{\text{вн}}$ и $\alpha_{\text{луч}}$ — в соответствии с [5].

В качестве начальных условий принято распределение температуры в ограждениях, соответствующее стационарному тепловому режиму.

Задача теплопроводности ограждающих конструкций решается методом конечных разностей по неявной схеме методом прогонки. Разностный аналог уравнений теплопроводности получен методом элементарных тепловых балансов, позволяющий определять долю жидкой и твердой фазы в каждом элементарном объеме массы теплоаккумулирующего материала. Уравнение теплового баланса помещения решалось неявным модифицированным методом Эйлера второго порядка [6].

Аккумулирующий материал принят на основе парафина со следующими характеристиками: температура плавления $T_{\text{ф}} = 20,12$ °С; плотность жидкой фазы $\rho_{\text{ж}} = 770$ кг/м³; плотность твердой фазы $\rho_{\text{тв}} = 900$ кг/м³; теплоемкость жидкой фазы $c_{\text{ж}} = 3,04$ кДж/(кг·°С); теплоемкость твердой фазы $c_{\text{тв}} = 2,91$ кДж/(кг·°С); теплопроводность жидкой фазы $\lambda_{\text{ж}} = 0,21$ Вт/(м·К); теплопроводность твердой фазы $\lambda_{\text{тв}} = 0,3$ Вт/(м·К). В зоне фазового перехода теплофизические характеристики вычисляются с учетом доли жидкой и твердой фазы [7].

Наружная стена — трехслойная: первый слой (внутренний) — из теплоаккумулирующего материала; второй слой — утеплитель толщиной 250 мм теплопроводностью 0,06 Вт/(м·К); третий слой — из кирпича толщиной 510 мм. Объем помещения 37,5 м³, высота 2,5 м, ширина 3 м, длина 5 м, площадь наружной стены за вычетом площади окна (1 м²) 6,5 м², толщина теплоаккумулирующего материала принималась 10, 50 и 100 мм.

На рис. 1 приведены графики изменения температуры внутренней поверхности, а на рис. 2 — температуры воздуха в помещении.

Процесс охлаждения отдельного помещения и здания в целом при отсутствии фазовых переходов происходит в соответствии с положениями регулярного режима нестационарной теплопроводности по экспоненциальному закону [8, 9].

Температура в помещении определяется термическим сопротивлением наружной стены, величиной $m = \psi \alpha_{\text{в}} F / (c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} V_{\text{п}})$, называемой темпом охлаждения, где ψ — коэффициент неравномерности распределения температуры, определяемый как отношение средней температуры поверхностей ограждений к температуре воздуха в помещении, а F — теплопередающая площадь ограждений помещения. На этом временном интервале отличие по времени охлаждения незначительно и определяется в основном отличием термического сопротивления слоев теплоаккумулирующего материала различной толщины.

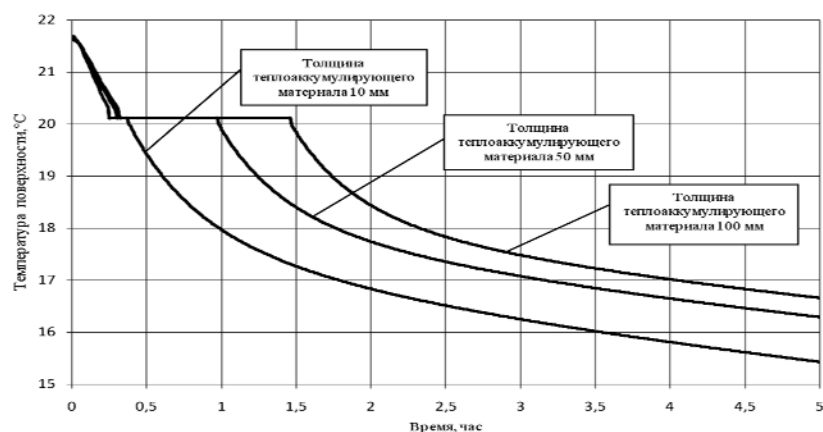


Рис. 1. Температура поверхности наружной стены

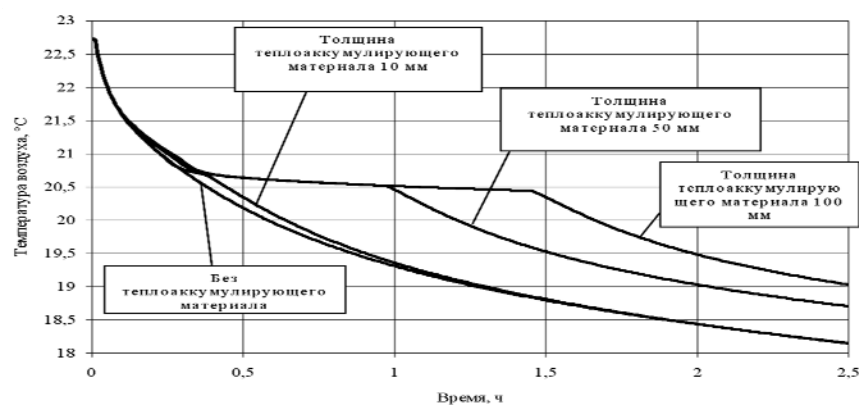


Рис. 2. Температура воздуха в помещении

Когда температура наружной поверхности слоя теплоаккумулирующего материала снижается до температуры кристаллизации $T_{\text{ф}}$, теплоаккумулирующий материал переходит из жидкого состояния в твердое, выделяя теплоту фазового перехода $q_{\text{ф}}$. Температура слоя теплоаккумулирующего материала по всей толщине становится равной температуре фазового перехода $T_{\text{ф}}$. По мере кристаллизации граница фазового перехода смещается к внутренней поверхности стены. Процесс полностью завершается, когда граница фазового перехода доходит до внутренней поверхности теплоаккумулирующего материала. Этот процесс отражен горизонтальной площадкой на графиках изменения температуры внутренней поверхности стены и температуры воздуха в помещении.

Время фазового перехода для теплоаккумулирующего слоя толщиной 10 мм составляет 8 мин, для слоя толщиной 50 мм — 41 мин, для слоя толщиной 100 мм — 1,15 ч. По результатам вычислений видно, что время процесса фазового перехода не пропорционально толщине слоя. Соответственно и время сохранения комфортной температуры воздуха в помещении также будет не пропорционально толщине теплоаккумулирующего слоя (см. рис. 2). Объясняется это тем, что теплота фазового перехода частично идет на поддержание постоянного значения температуры поверхности стены

на уровне T_{ϕ} , частично отводится через внешние слои ограждения наружу. Термическое сопротивление участка стены от границы фазового перехода до наружной поверхности изменяется во времени из-за движения границы фазового перехода, что сказывается на величине теплового потока, отводимого из стены наружному воздуху, а следовательно, и на величине временного интервала с постоянной температурой внутренней поверхности стены.

По завершении процесса кристаллизации теплоаккумулирующего материала процесс охлаждения снова переходит режим регулярного теплообмена. Время достижения температуры внутреннего воздуха в помещении в зависимости от толщины теплоаккумулирующего слоя приведено на рис. 3. Увеличить время достижения заданного уровня температуры воздуха в помещении можно как подбором толщины слоя теплоаккумулирующего материала, так и увеличением теплоаккумулирующей способности межквартирных и межкомнатных перегородок.

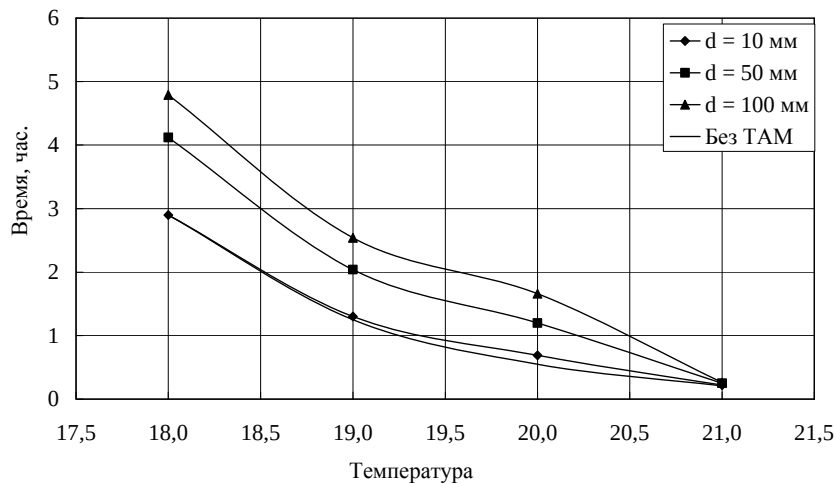


Рис. 3. Динамика снижения температуры воздуха в помещении

Таким образом, применение теплоаккумулирующих материалов в конструкции ограждений при периодической работе системы отопления сохраняет более продолжительное время температуру внутреннего воздуха помещения в допустимых пределах, увеличивая время комфортного пребывания человека в данных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Серов С. Ф., Дегтярев Н. С. Системы аккумуляции теплоты в системах теплоснабжения индивидуальных домов // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 10. С. 36—39.
2. Glück Bernd. Dynamisches Raummodell zur wärmetechnischen und wärmephysiologischen Bewertung. Bericht der RUD. OTTO MEYER-Umwelt-Stiftung. Hamburg, 2004/05. С. 231—233. URL: <http://rom-umwelt-stiftung.de> (дата обращения: март 2013 г.).
3. Парфентьева Н. А., Бобкова И. Г. О задачах с фазовыми превращениями // Интернет-вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Строит. информатика. 2011. Вып. 6 (18). Режим доступа: www.vestnik.vgasu.ru.
4. Парфентьева Н. А., Самарин О. Д., Кашинцева В. Л. О применении и решении задачи Стефана в строительной теплофизике // Вестник МГСУ. 2011. № 4. С. 323—328.
5. Богословский В. Н. Строительная теплофизика. М.: Высшая школа, 1982. 415 с.

6. Киреев В. И., Пантелеев А. В. Численные методы в примерах и задачах : учеб. пособие. М. : Высш. шк., 2008. 480 с.
7. Дюпин А. В., Корепанов Е. В. Моделирование теплового режима помещения с учетом применения теплоаккумулирующих материалов // Вестник МГСУ. 2011. № 7. С. 137—143.
8. Соколов Е. Я. Нестационарный тепловой режим здания // Изв. вузов «Энергетика». 1991. № 11. С. 101—104.
9. Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача. М. : Энергия, 1975. 488 с.
1. Serov S. F., Degtyarev N. S. Sistemy akkumulyatsii teploty v sistemakh teplosnabzheniya individual'nykh domov // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2010. № 10. S. 36—39.
2. Glück Bernd. Dynamisches Raummodell zur wärmetechnischen und wärmephysiologischen Bewertung. Bericht der RUD. OTTO MEYER-Umwel-Stiftung. Hamburg, 2004/05. С. 231—233. URL: <http://rom-umwelt-stiftung.de> (data obrashcheniya: mart 2013 g.).
3. Parfent'eva N. A., Bobkova I. G. O zadachakh s fazovymi prevrashcheniyami // Internet-vestnik Volgogr. gos. arkh.-stroit. un-ta. Ser.: Stroit. informatika. 2011. Vyp. 6 (18). Rezhim dostupa: www.vestnik.vgasu.ru.
4. Parfent'eva N. A., Samarin O. D., Kashintseva V. L. O primenении i reshenii zadachi Stefana v stroitel'noy teplofizike // Vestnik MGSU. 2011. № 4. S. 323—328.
5. Bogoslovskiy V. N. Stroitel'naya teplofizika. M. : Vysshaya shkola, 1982. 415 s.
6. Kireev V. I., Panteleev A. V. Chislennyye metody v primerakh i zadachakh : ucheb. posobie. M. : Vyssh. shk., 2008. 480 s.
7. Dyupin A. V., Korepanov E. V. Modelirovaniye teplovogo rezhima pomeshcheniya s uchetoм primeneniya teploakkumuliruyushchikh materialov // Vestnik MGSU. 2011. № 7. S. 137—143.
8. Sokolov E. Ya. Nestatsionarnyy teplovoy rezhim zdaniya // Izv. vuzov «Energetika». 1991. № 11. S. 101—104.
9. Isachenko V. P., Osipova V. A., Sukomel A. S. Teploperedacha. M. : Energiya, 1975. 488 s.

© Дюпин А. В., Корепанов Е. В., 2013

Поступила в редакцию
в июне 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Дюпин А. В., Корепанов Е. В. Динамика охлаждения помещения с теплоаккумулирующими материалами в конструкции стен // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 41—46.

УДК 624.042.3:621.87

Т. В. Золина, П. Н. Садчиков

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СХЕМА ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ

Предложена комплексная схема проведения исследования напряженно-деформированного состояния промышленного здания, оборудованного мостовыми кранами, определяющая концептуальный подход к оценке надежности работы конструкций каркаса под действием нагрузок в ходе его эксплуатации.

К л ю ч е в ы е с л о в а: концептуальная схема, промышленное здание, мостовой кран, напряженно-деформированное состояние, вероятностный расчет, остаточный ресурс, программно-расчетный комплекс.

The authors offer the complex scheme of research of intensively strain state of an industrial building equipped with bridge crane that defines the conceptual approach to the estimated reliability of construction performance under the load when being used.

К е у w o r d s: conceptual scheme, industrial building, bridge crane, intensively strain state, probability calculation, residual life, program and calculation complex.

Несмотря на большое количество работ как отечественных, так и зарубежных ученых по оценке работоспособности конструкций промышленного здания под воздействием нагрузок, остается открытым вопрос о построении обобщенной программы проведения обследования и структуризации представления результатов анализа полученных данных.

Вне зависимости от принятой расчетной схемы промышленного здания можно выделить ряд составных частей, являющихся неотъемлемыми элементами любого исследования. Так, к примеру, в качестве входной информации выступают данные, характеризующие геометрические, жесткостные и нагрузочные параметры, при этом работа конструкций каркаса вступает в прямую зависимость от диапазона смещений в соответствующих расчетных точках.

Геометрические и жесткостные характеристики, а также выбор конкретной расчетной схемы определяют модель реального объекта, согласно которой для получения более достоверных результатов исследования требуется формирование матриц жесткости и инерционных параметров здания достаточно высокой размерности. Поиск частот и амплитудных значений смещений вынужденных колебаний промышленного здания представляет собой обобщенную симметричную задачу нахождения собственных значений и собственных векторов. Ее решение становится возможным благодаря использованию хорошо адаптируемого алгоритма QR-метода, согласно которому для ускорения сходимости матрица жесткости последовательно представляется в виде произведений ортогональной и правой почти треугольной матрицы рекуррентным способом [1]. Зная матрицу жесткости поперечной рамы и смещения ее расчетных точек, определяются силы, действующие на эту раму, что позволяет, используя метод конечных элементов, построить эпюры изгибающих моментов и напряжений [2].

В ходе эксплуатации здания происходит накопление дефектов, вызванных действием нагрузок как техногенного, так и внешнего характера, что ведет к снижению несущей способности конструкций каркаса, к росту отклонений смещений по отношению к проектным значениям. Данные воздействия могут носить как статический, так и динамический характер проявления [3]. Кроме собственного веса конструкций, здание испытывает ряд нагрузок, обусловленных шквальными порывами ветра, снеговыми накоплениями, временными воздействиями на неэксплуатируемую кровлю и т. д.

При исследовании промышленного объекта, оснащенного мостовыми кранами, кроме рассмотренных факторов, влияющих на работоспособность конструкций и продолжительность времени их безопасной эксплуатации, необходимо также учесть влияния

работы боковых сил, возникающих при перемещении крана;

динамического торможения крановой тележки;

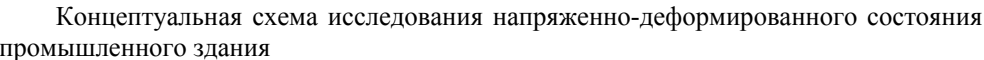
вертикального давления крана с грузом, т. е. воздействий, носящих технологический характер.

Решение проблемы обеспечения надежности даст неверный результат, если оставить без внимания влияние экстремальных кратковременных воздействий как на стадии проектирования, так и при эксплуатации здания. В случае рассмотрения воздействия на систему сейсмической волны имеется необходимость построения модели разложения колебательных процессов в виде тригонометрических рядов в зависимости от уровня интенсивности землетрясения. Благодаря данной модели становится реальным построение спектров входа и выхода сейсмоактивной волны на несущих частотах [2].

Определение периода времени безопасной эксплуатации здания возможно при вероятностной постановке задачи, поскольку только она позволяет учесть случайный характер прочностных свойств материалов конструкций, направленности действия и продолжительности интенсивной фазы возмущающих воздействий с одной стороны, а с другой — статистический разброс показателей долговечности [4].

Обращаясь к предложенной авторами концептуальной схеме исследования напряженно-деформированного состояния промышленного здания (рис.), для определения средних величин и показателей вариации расчетных параметров устойчивости и надежности строительной конструкции требуется многократное проведение алгоритма, вызванное отклонениями значений входных параметров модели относительно соответствующих математических ожиданий. Реализация данного алгоритма с получением конкретного результата возможна только при задействовании аппаратных средств ЭВМ. Известно несколько систем автоматизированного проектирования работ, позволяющих решить поставленную задачу. Однако авторами статьи разработан самостоятельный программно-расчетный комплекс DINCIB-new, специализируемый на проведении расчетов работы конструкций промышленного здания, оборудованного мостовыми кранами, при целом комплексе возмущающих воздействий и расширяющий круг решаемых вопросов.

Задействуя генератор случайных чисел в известном диапазоне, формируется выборочная совокупность значений искомого параметра, что позволяет найти его статистические характеристики при заданном уровне значимости [5].



осуществления прогноза по устойчивости здания к внешним и внутренним воздействиям по истечении конкретного срока эксплуатации объекта на основе выведенных регрессионных зависимостей;

49

оценки остаточного ресурса работоспособного состояния конструкций промышленного здания, находящегося в эксплуатации, опираясь на систему коэффициентов надежности (обобщенный коэффициент запаса, скорость износа, гамма-ресурс и т. д.).

Предложенная комплексная схема проведения исследования напряженно-деформированного состояния промышленного здания, оборудованного мостовыми кранами, определяет концептуальный вероятностный подход к оценке надежности работы конструкций каркаса под действием нагрузок в ходе его эксплуатации. Согласно алгоритму, лежащему в основе ее реализации, появляется возможность определения сроков и степени сложности проведения ремонтов для удовлетворения требований дальнейшей безопасной эксплуатации обследуемого объекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. Численные методы. М. : Изд. Бинوم. Лаборатория знаний, 2003. 600 с.
2. Золина Т. В., Садчиков П. Н. Автоматизированная система расчета промышленного здания на крановые и сейсмические нагрузки. М. : Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 8. С. 14—16.
3. Острейковский В. А. Теория надежности : учеб. для вузов. М. : Высш. шк., 2003. 463 с.
4. Пшеничкин А. П., Пшеничкина В. А. Надежность зданий и оснований в особых условиях : учебное пособие. Волгоград : ВолгГАСУ, 2009. 218 с.
5. Золина Т. В., Садчиков П. Н. Моделирование работы конструкций промышленного здания с учетом изменения жесткости в процессе эксплуатации. М. : Вестник МГСУ. 2012. № 10. С. 69—76.
1. Bakhvalov N. S., Zhidkov N. P., Kobel'kov G. M. Chislennyye metody. M. : Izd. Binom. Laboratoriya znaniy, 2003. 600 s.
2. Zolina T. V., Sadchikov P. N. Avtomatizirovannaya sistema rascheta promyshlennogo zdaniya na kranovye i seysmicheskie nagruzki. M. : Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2012. № 8. S. 14—16.
3. Ostreykovskiy V. A. Teoriya nadezhnosti : ucheb. dlya vuzov. M. : Vyssh. shk., 2003. 463 s.
4. Pshenichkin A. P., Pshenichkina V. A. Nadezhnost' zdaniy i osnovaniy v osobykh usloviyakh: uchebnoe posobie. Volgograd : VolgGASU, 2009. 218 s.
5. Zolina T. V., Sadchikov P. N. Modelirovanie raboty konstruksiy promyshlennogo zdaniya s uchetom izmeneniya zhestkosti v protsesse ekspluatatsii. M. : Vestnik MGSU. 2012. № 10. S. 69—76.

© Золина Т. В., Садчиков П. Н., 2013

Поступила в редакцию
в июне 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Золина Т. В., Садчиков П. Н. Концептуальная схема исследования напряженно-деформированного состояния промышленного здания // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 47—50.

УДК 624.042.3:621.87

Т. В. Золина, П. Н. Садчиков**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ, ОСНАЩЕННОГО МОСТОВЫМИ КРАНАМИ**

Излагается методика оценки остаточного ресурса промышленного здания, находящегося в эксплуатации, позволяющая получить характеристики надежности в корреляционном приближении на основе результатов обследований с использованием детерминированной модели.

К л ю ч е в ы е с л о в а: промышленные здания, мостовые краны, вероятностный характер нагрузок, характеристика безопасности, резерв прочности, долговечность, работоспособность, остаточный ресурс.

The authors provide the estimation technique of the residual life of an industrial building being in operation. This technique allows receive reliability characteristics in correlation approaching on the basis of the examination results with the use of the determined model.

К е y w o r d s: industrial buildings, bridge cranes, probabilistic type of load, safety characteristic, durability reserve, durability, working capacity, residual life.

Последствия внешних воздействий на конструкции каркаса здания носят случайный характер. Случайность процессов вызвана неравномерностью и разнонаправленностью нагрузок, неоднородностью структуры геометрических и жесткостных характеристик конструктивных элементов каркаса самого здания. Следовательно, возникает необходимость в проведении расчетов при проектировании здания и дальнейшей его эксплуатации с вероятностных позиций. В случае промышленного здания, оснащенного мостовыми кранами, кроме внешних природных воздействий (резкие перепады температур, порывы ветра, снежные наносы, сейсмическая активность и т. п.), накладывается и ряд других разрушающих факторов, носящих характер случайного воздействия [1]. К ним относятся: вертикальное давление крана, действие боковых сил, вызванных перекосным движением мостового крана, динамическое торможение крановой тележки и др.

Проведение расчетов по оценке надежности и долговечности конструкций каркаса здания в детерминированной форме становится возможным благодаря использованию метода предельных состояний. Реализация данного метода позволяет учесть случайный характер не только действующих нагрузок, но и прочностных свойств строительных материалов посредством построения системы коэффициентов надежности.

Резерв прочности конструкций каркаса $\tilde{S}$ определяется разностью между их несущей способностью $\tilde{R}_S$ и наибольшим значением обобщенной нагрузки $\tilde{F}$:

$$\tilde{S}(X) = \tilde{R}_S(X) - \tilde{F}(X), \quad (1)$$

где $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ — вектор конечного числа параметров, характеризующих нагрузки, прочность материалов и отклонения реальных условий работы конструкции от принятой расчетной схемы.

Исходя из вариативности метода предельных состояний, работоспособность системы определяется условием

$$\tilde{S}(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq 0. \quad (2)$$

Вне зависимости от типа распределения случайных величин $\tilde{F}$ и $\tilde{R}_S$ математическое ожидание резерва прочности находится по формуле

$$m_{\tilde{S}} = m_{\tilde{R}_S} - m_{\tilde{F}}. \quad (3)$$

Величина $m_{\tilde{R}_S}$ может быть определена как среднее значение нормативного сопротивления каркаса по известной предельно допустимой величине расчетного сопротивления $\bar{R}_{Sn}$ при заданном уровне значимости α

$$m_{\tilde{R}_S} = \frac{\bar{R}_{Sn}}{1 - t_{\alpha} f_s}, \quad (4)$$

где f_s — коэффициент вариации прочностных свойств материала конструкции.

Математическое ожидание случайной величины нагрузочного фактора $m_{\tilde{F}}$ представляется в виде суммы всех напряжений от действия как статических, так и динамических нагрузок, рассматриваемых в различных сочетаниях.

Дисперсия математического ожидания резерва прочности при условии независимости $\tilde{F}$ и $\tilde{R}_S$ выражается в виде

$$D_{m_{\tilde{S}}} = \left(m_{\tilde{R}_S} f_s\right)^2 + \left(m_{\tilde{F}} A_F\right)^2, \quad (5)$$

где A_F — коэффициент вариации обобщенной нагрузки.

$$A_F = \frac{\sigma_{\tilde{F}}}{m_{\tilde{F}}}. \quad (6)$$

Среднее квадратическое отклонение случайной величины $\tilde{F}$ представляется в виде квадратного корня от суммы дисперсий напряжений, вызванных одновременно действующими на систему динамическими нагрузками

$$\sigma_{\tilde{F}} = \sqrt{\sum_i D_i}. \quad (7)$$

Отсюда стандарт и коэффициент резерва прочности, соответственно, определяются как

$$\sigma_{m_{\tilde{S}}} = \sqrt{D_{m_{\tilde{S}}}}; \quad (8)$$

$$A_{\tilde{S}} = \frac{\sigma_{m_{\tilde{S}}}}{m_{\tilde{S}}}. \quad (9)$$

Для оценки вероятности разрушения конструкции служит характеристика безопасности, представляющая собой отношение математического ожидания случайной величины резерва прочности к ее среднему квадратическому отклонению, называемая индексом надежности

$$\beta = \frac{m_{\tilde{R}_S} - m_{\tilde{F}}}{\sigma_{m_{\tilde{S}}}}. \quad (10)$$

Данная величина характеризует количество стандартов $\sigma_{\tilde{S}}$, укладывающихся на отрезке $S \in [0; m_{\tilde{S}}]$.

При проведении расчета на долговечность усилия, приложенные к строительным конструкциям, и общую несущую способность каркаса необходимо рассматривать как случайные функции от времени [2]:

$$\tilde{S}(X, t) = \tilde{R}_S(X, t) - \tilde{F}(X, t). \quad (11)$$

При этом функция распределения времени безотказной работы за период T

$$V_T(t) = P(T < t) = P(\tilde{S}(X, t) < 0). \quad (12)$$

Вероятность случайного события, состоящего в выполнении условия (2), определяет скорость износа конструкций здания и находится по формуле

$$V_S(t) = \int \dots \int_{S(x_1, \dots, x_n, t) \geq 0} p(x_1, \dots, x_n, t) dx_1, dx_2, \dots, dx_n. \quad (13)$$

Принятие в расчет различных комбинаций сочетаний от как можно большего числа действующих на здание внешних нагрузок, а также нагрузок техногенного характера при работе мостового крана делает задачу о нахождении данного интеграла в общем виде сложно выполнимой. Ее решение с получением конкретного конечного результата в зависимости от выбора расчетной схемы становится возможным посредством реализации корреляционно-регрессионных методов анализа на основе соответствующей детерминистической модели.

Так, при многократном проведении обследования конструктивных элементов здания средствами неразрушающего контроля фиксируются смещения в конкретных точках принятой расчетной схемы. Динамика изменений полученных смещений характеризует изменения жесткостных характеристик конструкции в целом. Матрица жесткости здания по известным смещениям в расчетных точках каркаса может быть определена посредством решения обратной задачи строительной механики [3] с использованием программных и аппаратных средств ЭВМ [4].

Имея откорректированную матрицу жесткости с учетом износа конструкций, а также зная направление и величину действующей нагрузки, определяются числовые характеристики изгибающих моментов и напряжений.

Накопленные результаты, полученные в ходе обработки данных проведенных обследований здания, позволяют сформировать временные ряды динамики напряжений в отдельных точках расчетной схемы. Коррелируя уровни каждого из временных рядов, появляется возможность построения соответствующих

регрессионных зависимостей. Выбор уравнения тренда при этом определяется по наибольшему значению коэффициента детерминации, указывающему на более высокую степень тесноты связи между сглаживающей кривой и реальными данными. На практике предполагается, что кривая будет носить экспоненциальный характер.

В случае проведения только двух обследований конструкций каркаса здания со съемом показаний имеющихся смещений в установленных точках расчетной схемы, рассчитываем математические ожидания соответственно $m_{\tilde{F}(H)}$, $m_{\tilde{F}(K)}$. Числовые характеристики случайной величины $\tilde{F}$ для двух моментов времени (начального и конечного) определяются по конкретным сочетаниям нагрузок. Все нагрузки при этом следует разделить на две группы:

1. Неизменные, воздействие которых учитывается вне зависимости от выбора комбинации (собственный вес конструкции, снег и ветер, временная нагрузка на неэксплуатируемую кровлю и т. д.).

2. Случайные крановые, воздействие которых избирательно, а значения получены по результатам вероятностного расчета (вертикальное давление, боковые силы, торможение тележки).

Значения числовых характеристик обобщенной нагрузки, полученные при обработке результатов двух обследований, позволяют установить линейную зависимость по фактору времени. Нормирование аналитического представления последней дает возможность выполнить построение функции фиктивной нагрузки $g(t)$ (рис.).

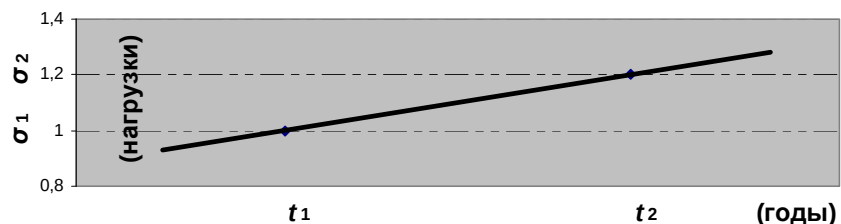


График $g(t)$ — функции фиктивной нагрузки

Тогда временные функции числовых характеристик обобщенной нагрузки в отдельных точках расчетной схемы для математического ожидания принимают вид:

$$m_F(t) = m_{\tilde{F}(H)} g(t); \quad (14)$$

для коэффициента вариации:

$$A_F(t) = \frac{\sigma_{\tilde{F}}}{m_{\tilde{F}(H)} g(t)}. \quad (15)$$

Значения обобщенного коэффициента запаса, оценивающего фактор риска дальнейшей эксплуатации конструкций здания в разные моменты времени, описываются функцией

$$\xi(t) = \frac{m_{\tilde{R}_S}}{m_F(t)}. \quad (16)$$

Принимая в расчет величину математического ожидания несущей способности промышленного здания (4) и значения $m_{\bar{F}(H)}$, $m_{\bar{F}(K)}$, определяем среднегодовую скорость износа:

$$\bar{V}_S = \frac{m_{\bar{S}(H)} - m_{\bar{S}(K)}}{n}, \quad (17)$$

где $m_{\bar{S}(H)}$, $m_{\bar{S}(K)}$ — математические ожидания резерва прочности при первом и втором обследованиях соответственно (рассчитываются по формуле (3)); n — промежуток времени между обследованиями (лет).

Тогда функция работоспособности с учетом износа принимает вид

$$S(t) = m_{\bar{S}(H)} - t\bar{V}_S, \quad (18)$$

а индекс надежности согласно распределению по временному фактору

$$\beta_S(t) = \frac{m_{\bar{S}(H)} - t\bar{V}_S}{\sqrt{\sigma_{\bar{R}_S}^2 - t^2 \sigma_{V_S}^2}}, \quad (19)$$

где $\sigma_{\bar{R}_S} = m_{\bar{R}_S} f_S$ — стандарт несущей способности конструкций; $\sigma_{V_S} = \bar{V}_S f_{V_S}$ — стандарт скорости износа; f_{V_S} — коэффициент вариации скорости износа.

Одним из основных показателей теории надежности, позволяющим оценить долговечность здания и сохранение им работоспособности до наступления предельного состояния с момента последнего обследования, является гамма-ресурс [5]. В рассматриваемых условиях, при заданной доверительной вероятности результатов, он определяется как

$$T_\gamma = \frac{2m_{\bar{S}(H)}\bar{V}_S - \sqrt{4m_{\bar{S}(H)}^2\bar{V}_S^2 - 4(\bar{V}_S^2 - \beta_S^2(t)\sigma_{V_S}^2)(m_{\bar{S}(H)}^2 - \beta_S^2(t)\sigma_{m_{\bar{S}(H)}}^2)}}{2(\bar{V}_S^2 - \beta_S^2(t)\sigma_{V_S}^2)}. \quad (20)$$

Итоговым показателем оценки полного периода эксплуатации объекта от момента застройки до достижения предельного состояния является величина технического ресурса:

$$T = T_{(K)} + T_\gamma, \quad (21)$$

где $T_{(K)}$ — период времени от ввода объекта в эксплуатацию до момента последнего обследования.

Предложенная методика оценки остаточного ресурса промышленного здания, находящегося в эксплуатации, позволяет получить характеристики надежности в корреляционном приближении с учетом двух статистических моментов — математического ожидания и коэффициентов вариации обобщенной прочности и нагрузок, которые могут быть рассчитаны на основе результатов обследований с использованием представленной детерминированной модели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Золина Т. В. Расчет промышленных зданий на крановые нагрузки : учебное пособие. Астрахань : АИСИ, 2004. 156 с.
2. Острейковский В. А. Теория надежности : учеб. для вузов. М. : Высш. шк., 2003. 463 с.
3. Золина Т. В., Садчиков П. Н. Моделирование работы конструкций промышленного здания с учетом изменения жесткости в процессе эксплуатации // Вестник МГСУ. 2012. № 10. С. 69—76.
4. Золина Т. В., Садчиков П. Н. Автоматизированная система расчета промышленного здания на крановые и сейсмические нагрузки // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 8. С. 14—16.
5. Пшеничкин А. П., Пшеничкина В. А. Надежность зданий и оснований в особых условиях : учебное пособие. Волгоград : ВолгГАСУ, 2009. 218 с.
1. Zolina T. V. Raschet promyshlennykh zdaniy na kranovye nagruzki : uchebnoe posobie. Astrakhan' : AISI, 2004. 156 s.
2. Ostreykovskiy V. A. Teoriya nadezhnosti : ucheb. dlya vuzov. M. : Vyssh. shk., 2003. 463 s.
3. Zolina T. V., Sadchikov P. N. Modelirovanie raboty konstruktсий promyshlennogo zdaniya s uchetom izmeneniya zhestkosti v protsesse ekspluatatsii // Vestnik MGSU. 2012. № 10. S. 69—76.
4. Zolina T. V., Sadchikov P. N. Avtomatizirovannaya sistema rascheta promyshlennogo zdaniya na kranovye i seysmicheskie nagruzki // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2012. № 8. S. 14—16.
5. Pshenichkin A. P., Pshenichkina V. A. Nadezhnost' zdaniy i osnovaniy v osobykh usloviyakh : uchebnoe posobie. Volgograd : VolgGASU, 2009. 218 s.

© Золина Т. В., Садчиков П. Н., 2013

*Поступила в редакцию
в июне 2013 г.*

Ссылка для цитирования:

Золина Т. В., Садчиков П. Н. Методика оценки остаточного ресурса эксплуатации промышленного здания, оснащенного мостовыми кранами // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 51—56.

УДК 699.841 (05)

А. В. Масляев**СЕЙСМОЗАЩИТА ГОРОДА ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ**

Известно, что главнейшее правило в документе [1] предусматривает расчет ответственных зданий на большую сейсмическую нагрузку по сравнению со зданиями с нормальной ответственностью. Однако во всех строительных федеральных законах РФ и нормативных документах жилые здания высотой менее 17 этажей, которые составляют основную часть застройки городов, не считаются зданиями с повышенным уровнем ответственности. Обосновывается, что при сейсмозащите города при землетрясении самыми ответственными зданиями должны быть жилые здания.

Ключевые слова: сейсмозащита города, ответственность, защита жизни и здоровья людей при землетрясении.

It is known that the major rule in the document [1] provides calculation of responsible buildings for severe seismic load in comparison with buildings with normal responsibility. However in all construction federal laws of the Russian Federation and regulatory documents residential buildings that have less than 17 floors, that is the main part of buildings in cities, are not considered as buildings with the raised level of responsibility. It is proved that when we are speaking about earthquake protection the most responsible buildings must be residential ones.

Keywords: earthquake protection of a city, responsibility, protection of life and public health at an earthquake.

Как известно, на земном шаре землетрясения происходят в следующей зависимости: слабые проявляются чаще, а сильные — значительно реже. Именно при учете этой зависимости учеными сейсмологами разработан комплект карт общего сейсмического районирования территории РФ ОСР-97, в котором для каждого населенного пункта России на основе вероятностной математической модели определена сейсмическая опасность в баллах в зависимости от периода T повторяемости землетрясений: для карты A — $T = 500$ лет, для карты B — $T = 1000$ лет, для карты C — $T = 5000$ лет. В комплекте карт РФ ОСР-97 для большей части населенных пунктов России наименьшая интенсивность землетрясения указана в карте A с периодом повторяемости $T = 500$ лет, а наибольшая интенсивность — в карте C с периодом повторяемости $T = 5000$ лет. Как видим, при меньшем периоде повторяемости следует ожидать более слабое землетрясение. Строители считают, что в расчетах зданий на сейсмические воздействия необходимо использовать карту, в которой с достаточной вероятностью примерно за среднее время жизненного цикла одного здания (50 лет) не произойдет превышения той интенсивности землетрясения, которая не может привести к локальным обрушениям в его конструкциях и гибели людей. Поэтому авторы документа [1] считают, что карту ОСР-97- A можно использовать в расчетах жилых зданий, так как предусмотренная в ней интенсивность землетрясения по расчетам сейсмологов в течение 50 лет не может с 90 % вероятностью превысить своего значения (в карте ОСР-97- B указана 95 %, в карте ОСР-97- C — 99 % вероятности непревышения интенсивности землетрясений в течение 50 лет). Указанные в картах вероятности непревышения интенсивности землетрясений соответствуют указанным выше значениям периодам повторяемости T

землетрясений. С таким подходом строителей при выборе сейсмической карты для использования в расчетах конкретного здания можно согласиться, но только для случаев, когда на местности возводится только одно здание и после его сноса на этом месте другого такого здания не будет. Однако всем известно, что основная часть зданий в России возводится только в населенных пунктах (городах), в которых идет непрерывный процесс по возведению новых и сносу устаревших зданий. Поэтому, основное отличие города от отдельного здания заключается в длительности его жизненного цикла, который может измеряться тысячей и более лет. Так как сейсмозащита города и отдельного здания основана на учете воздействий землетрясений, интенсивность которых, как говорилось в начале статьи, зависит от периода T их повторяемости на местности, квалифицированное определение длительности жизненного цикла рассматриваемых объектов (города, отдельного здания) имеет в этом случае первостепенное значение. Но, к сожалению, в нормативном документе [2] даже отсутствует указатель о вероятном времени жизненного цикла любого населенного пункта (города). Более того, ни в одном из строительных Федеральных законов РФ [3, 4] и нормативных документов [1, 5] автор не нашел использования таких слов как «сейсмозащита населенных пунктов». Как будто в России нет отдельной проблемы по сейсмозащите населенных пунктов в сейсмоопасных районах, или авторы этих документов убеждены, что сам процесс застройки населенных пунктов различными зданиями и сооружениями, жизненный цикл которых в расчетах определен в 50 лет, автоматически обеспечивает их сейсмозащиту. К сожалению, в России уже имеются другие печальные примеры. Так, из-за отсутствия в федеральных нормативных документах положений о защите населенных пунктов от воздействий различных природных проявлений рабочий поселок Нефтегорск (Сахалин) был полностью разрушен землетрясением, в котором погибло около 2000 человек. В июле 2012 г. в г. Крымске (Краснодарский край) от наводнения погибло более 150 человек. Поэтому, зная примерную длительность жизненного цикла города, можно делать выбор конкретной сейсмической карты для расчета его основных зданий и сооружений.

Но прежде чем говорить о выборе конкретной сейсмической карты, следует сказать несколько слов об их основных вероятностных данных. В комплекте сейсмических карт (A , B , C) РФ ОСР-97 для каждого населенного пункта России показаны расчетные вероятностные значения интенсивности землетрясений в зависимости от периодов T их повторяемости. Специалисты сейсмологи на основании большого статистического материала с помощью вероятностной математической модели рассчитали эти значения. Но что очень важно знать, например, проектировщикам, при использовании этих карт следует помнить, что так как геодинамический процесс в Земле не является стабильным, то в любое время года могут измениться и сценарии проявления землетрясений, которые предусмотрены в каждой сейсмической карте. Например, на территории любого города первым может проявиться землетрясение с максимальной интенсивностью, которое предусмотрено по карте C . Примерно такие изменения в геодинамическом процессе Земли наблюдаются уже и в наши дни. Так, например, в марте 2011 г. вблизи берегов Японии произошло землетрясение с магнитудой 9,0 баллов по шкале Рихтера. Даже для опытных японских сейсмологов это было полной неожиданностью,

так как по их расчетам в этом месте мог быть только очаг землетрясения с максимальной магнитудой 8,0 баллов. Эти вероятные изменения заложены и в сейсмических картах ОСР-97, в которых также предусмотрено превышение интенсивности реального землетрясения над расчетными. С некоторой вероятностью можно говорить и о том, что периоды T повторяемости реальных сильных землетрясений могут быть значительно меньшими по сравнению с расчетными. Например, нашим специалистам неизвестно, в каком месте России и с какой интенсивностью произойдет очередное сильное землетрясение. Эту неопределенность в данных сейсмических шкал ОСР-97 должны знать заказчики и проектировщики, которые являются ответственными за выбор карты для расчета конкретного здания. За ошибку в выборе карты они несут юридическую ответственность. Но принимать решение по выбору сейсмической карты для расчета здания на фоне некоторой неопределенности все же необходимо. При этом следует руководствоваться вероятными последствиями в случае применения той или иной карты (документ [1] для каждого населенного пункта дает выбор из 3 разных карт). Например, проектировщики в расчетах жилого здания должны анализировать вероятные последствия всех случаев, включая самое максимальное землетрясение по карте С. При этом, полного обрушения жилого здания при воздействии землетрясения по карте С проектировщики не должны допустить. На этот сложный вопрос при выборе конкретной сейсмической карты в расчетах жилого здания правильно ответил японский ученый Ямаока, выступая на 33-й Генеральной ассамблее Европейской сейсмологической комиссии в Москве в августе 2012 г.: «Мы должны принимать во внимание неопределенности в научных данных, даже если они обнародованы официально, и должны использовать достаточно широкие интервалы разброса данных во всех процедурах, связанных со снижением возможного ущерба от землетрясений». Второй особенностью сейсмозащиты города от отдельного здания является тот факт, что при решении этой сложной проблемы невозможно допустить его разрушения даже потому, что такая страна как Россия сегодня просто не сможет его восстановить. Особенно сложно представить себе ситуацию, если сильное землетрясение на территории какого-нибудь города России произойдет в зимнее время, когда даже эвакуационные мероприятия проводить очень сложно. Поэтому конкретно для нашего государства будет значительно дешевле, если хотя бы основные здания изначально строить достаточно сейсмостойчивыми. Ведь город представляет собой огромный объект, жизнеспособность которого при землетрясении зависит прежде всего от устойчивого функционирования большого количества жилых зданий и здоровья его населения. Всем ясно, что если при землетрясении сохранятся жилые здания и люди, то город сможет и дальше существовать. Другими словами, только жилые здания являются самыми основными структурными элементами капитальной застройки города. Об этом, но только в косвенном виде говорится в п. 4.4 нормативного документа [2], в котором города и сельские населенные пункты классифицируются на группы в зависимости от численности населения, т. е. от количества жилых зданий. Так как жилые здания на территории города возводятся по правилам [2], с большой вероятностью можно утверждать, что после сноса устаревшего жилого здания на этом месте будет воз-

ведено другое. Поэтому, когда жилое здание возводится на территории города, его уже нельзя считать самостоятельным (как это прописывается в нормативных документах [1, 5]) объектом. Расчетная длительность жизненного цикла у одного жилого здания должна быть такая же, как у города, т. е. в тысячу и более лет. Как говорилось выше, выбор конкретной сейсмической карты для расчета здания зависит от длительности его жизненного цикла. Так как длительность жизненного цикла города (одного жилого здания) принимается в 1000 лет, то для расчетов жилых зданий следует использовать карту *B*, в которой указана интенсивность землетрясения за период T раз в 1000 лет. Это значит, что город (жилое здание) за расчетное время своего жизненного цикла в одну тысячу лет со 100 % вероятностью будет подвержен воздействию сильного землетрясения по сейсмической карте *B*. Здесь также уместно напомнить о том, что в свое время рабочей группой специалистов, созданной Госстроем РФ, было принято конкретное решение о применении комплекта карт РФ ОСР-97. Эта рабочая группа рекомендовала для строительных норм следующее: карта ОСР-97-*B* — для использования в массовом гражданском и промышленном строительстве; карта ОСР-97-*A* — для строительства объектов непродолжительного срока службы и не угрожающих человеческой жизни; карта ОСР-97-*C* — для особо ответственных сооружений [6]. То есть рабочая группа специалистов изначально рекомендовала для расчетов жилых зданий использовать карту *B*, что и обосновывается в данной статье. Но так как в последние примерно 30 лет на Земном шаре происходят землетрясения с повторными сильными толчками, которые представляют опасность для зданий и людей, в статье [7] разработан критерий с числом 100 и более человек и временем эвакуации более 4 минут для определения здания с повышенным уровнем ответственности. Федеральные законы [3, 4] и нормативные документы [1, 5] не содержат критерия по числу людей для определения уровня повышенной ответственности здания (документ [1] к повышенной ответственности относит жилые здания только выше 16 этажей).

Косвенным подтверждением того, что жилые здания в населенных пунктах должны быть самыми ответственными структурными элементами его капитальной застройки служит установка в п. 1 ст. 1 Федерального закона РФ [3]: «Настоящий Федеральный закон принимается в целях: 1) защиты жизни и здоровья граждан...» Анализ сильных землетрясений в XX веке на территории бывшего СССР показал, что землетрясения чаще происходили ночью и ранним утром, когда люди находились в жилых зданиях. Поэтому, как-то парадоксально выглядит положение в таблице 3 нормативного документа [1], согласно которому жилые здания высотой до 16 этажей включительно считаются с нормальной ответственностью, а здания и сооружения, в которых располагается служба по оказанию помощи населению при землетрясении, — с повышенной ответственностью. При таком подходе к определению уровня ответственности при сильном землетрясении в городе может получиться ситуация, когда здания и сооружения, функционирование которых необходимо для ликвидации последствий, сохраняются, а здания для населения разрушатся и могут погибнуть люди.

В нормативном документе [1] отсутствует также положение по сохранению здоровья населения при землетрясении. Как известно, люди в зданиях при сильных землетрясениях паникуют, т. е. получают психологические травмы,

которые у них могут обострить старые или образовать новые болезни. Медики давно знают, что сильный испуг и паника у людей в любых экстремальных ситуациях могут привести к обострению болезней. Такая реакция людей в зданиях показана в нормативной сейсмической шкале MSK-64. Ученые-медики разработали руководство для врачей для оказания психологической помощи людям, оказавшимся в районе сильного землетрясения. Имеется ряд статей [7, 8], которые показывают влияние поведения зданий на увеличение реакций людей при землетрясении. Специалистам также известно, что реакция людей зависит не только от интенсивности землетрясения, но и от того, какие деформации при этом происходят в здании. Люди сильнее будут паниковать (терять здоровье) в том здании, в котором при землетрясении возникнут значительные повреждения. Поэтому, для специалистов должно быть очевидным, что для сохранения здоровья людей при землетрясении следует дома рассчитывать на большую сейсмическую нагрузку. Например, в статье [9] показано, что если здание было рассчитано на один балл большую сейсмическую нагрузку по сравнению с интенсивностью реального землетрясения, в его конструкциях образуется значительно меньшая степень повреждения. Как видим, решение важной проблемы по защите жизни и здоровья людей при землетрясении могут решаться только одним способом — повышение расчетной сейсмической нагрузки на здание.

Выводы:

1. Если жилые здания проектируются для строительства на территории города, их следует рассчитывать с повышенным уровнем ответственности.
2. В расчетах жилых зданий с повышенной ответственностью на сейсмические воздействия должна использоваться сейсмическая карта *B* с периодом *T* повторяемости землетрясений 1 раз в 1000 лет.
3. Защита жизни и здоровья людей при землетрясении решается только за счет увеличения расчетной сейсмической нагрузки на здание.
4. Депутатам Государственной Думы следует в законодательном порядке для авторов Федеральных законов и нормативных документов РФ определить ответственность в случае катастрофических последствий на территории населенного пункта России от воздействий прогнозируемых природных явлений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 14.1330.2011. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*/ Минрегион России. М., 2011.
2. СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*/ Минрегион России. М., 2010.
3. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений : Федеральный закон Российской Федерации от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ.
4. Градостроительный кодекс Российской Федерации : Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2004 г. № 190-ФЗ.
5. ГОСТ Р 54257—2010. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования. М. : Стандартинформ, 2010.
6. Уломов В. И., Шумилина Л. С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97. Масштаб 1 : 8 000 000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. М. : М-во науки и технологий РФ, РАН. Объединенный ин-т физики Земли им. О. Ю. Шмидта, 1999.
7. Масляев А. В. Влияние конструктивных решений зданий на сохранение трудоспособности людей при землетрясении // Жилищное строительство. 2003. № 5. С. 23—24.
8. Мартенянов А. И. Сейсмостойкость зданий и сооружений, возводимых в сельской местности. М., 1982.
9. Поляков С. В. Сейсмостойкие конструкции зданий. М., 1983.

1. SP 14.1330.2011. Stroitel'stvo v seysmicheskikh rayonakh. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP II-7-81*/ Minregion Rossii. M., 2011.
2. SP 42.13330.2011. Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastroyka gorodskikh i sel'skikh poseleniy. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 2.07.01-89*/ Minregion Rossii. M., 2010.
3. Tekhnicheskiy reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzheniy : Federal'nyy zakon Rossiyskoy Federatsii ot 30.12.2009 g. № 384-FZ.
4. Gradostroitel'nyy kodeks Rossiyskoy Federatsii : Federal'nyy zakon Rossiyskoy Federatsii ot 29.12.2004 g. № 190-FZ.
5. GOST R 54257—2010. Nadezhnost' stroitel'nykh konstruksiy i osnovaniy. Osnovnye polozheniya i trebovaniya. M. : Standartinform, 2010.
6. Ulomov V. I., Shumilina L. S. Komplekt kart obshchego seysmicheskogo rayonirovaniya territorii Rossiyskoy Federatsii OSR-97. Masshtab 1 : 8 000 000. Ob"yasnitel'naya zapiska i spisok gorodov i naselennykh punktov, raspolozhennykh v seysmoopasnykh rayonakh. M. : M-vo nauki i tekhnologii RF, RAN. Ob"edinennyy in-t fiziki Zemli im. O. Yu. Shmidta, 1999.
7. Maslyayev A. V. Vliyanie konstruktivnykh resheniy zdaniy na sokhranenie trudosposobnosti lyudey pri zemletryaseniі // Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2003. № 5. S. 23—24.
8. Martem'yanov A. I. Seysmostoykost' zdaniy i sooruzheniy, vozvodimyykh v sel'skoy mestnosti. M., 1982.
9. Polyakov S. V. Seysmostoykie konstruksii zdaniy. M., 1983.

© Масляев А. В., 2013

*Поступила в редакцию
в июне 2013 г.*

Ссылка для цитирования:

Масляев А. В. Сейсмозащита города при землетрясении в зависимости от уровня ответственности жилых зданий // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 57—62.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 539:537.226.4

В. В. Коренева, Л. В. Жога, В. Н. Нестеров, Е. М. Пиунов

ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ТОКИ ПРИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА СЕГНЕТОКЕРАМИКЕ

Описана модель движения 180-градусных и не 180-градусных доменных стенок с учетом внутренних механических напряжений в образце сегнетокерамики. Модель позволяет с единой точки зрения описать экспериментальные закономерности поведения поляризационных токов при электромеханическом воздействии и дает возможность провести анализ вкладов 180-градусных и не 180-градусных доменных стенок в поляризационные токи в сегнетокерамике.

К л ю ч е в ы е с л о в а: моделирование, ток поляризации, доменные стенки, механическая нагрузка.

Described is the model of movement of 180-degree and non 180-degree domain walls taking into account internal mechanical tension in a sample of segnetoceramic. The model allows describe from one point of view experimental regularities of behavior of polarizing currents under electromechanical influence and gives an opportunity to carry out the analysis of contribution of 180-degree and non 180-degree domain walls to polarizing currents in segnetoceramic.

K e y w o r d s: modeling, polarization current, domain walls, mechanical load.

Сегнетоэлектрические материалы находят широкое применение во многих областях современной техники: гидроакустике, оптике, радио- и измерительной технике. Большое применение получили пьезоэлектрические приемники излучения, рабочими телами которых являются кристаллы группы триглицин-сульфата. Значительный интерес (как научный, так и практический) в таких объектах представляют релаксационные явления, происходящие после различных внешних воздействий (электрическое поле, изменение температуры, механическое напряжение). Также при контроле различных диэлектриков, в частности, при диагностике их прочности и жесткости, практический интерес представляет изучение электрических релаксационных характеристик. Для этих систем характерно множество метастабильных состояний и, как следствие, медленная релаксация к термодинамическому равновесию [1].

Первые количественные эксперименты по определению временных и полевых зависимостей переполаризации были выполнены Мерцем на титанате бария. Основанный Мерцем метод наблюдения тока переполаризации при переключении в импульсных полях является наиболее прямым методом изучения переключения в кристаллах с малой проводимостью [2]. В настоящее время известно большое количество направлений по теоретическим и экспериментальным исследованиям процессов переключения поляризации и динамики доменов сегнетоэлектрических кристаллов. Экспериментальные

данные включают как результаты прямых микроскопических наблюдений доменов при переключении, так и электрические измерения объемных кристаллов [2], при этом динамические характеристики определяют либо в синусоидальных полях, либо в импульсных полях различной формы. В то же время существуют направления, опирающиеся на использовании нестандартных методов переполаризации сегнетоэлектриков [3—5].

Актуальна задача моделирования сегнетоэлектриков, позволяющая прогнозировать их параметры и таким образом избежать постановки сложных и дорогостоящих экспериментов. В практике математического и имитационного моделирования динамики доменной структуры и при теоретическом анализе кинетики токов переполаризации наибольшее распространение получили: модели, развивающие кинетическую теорию фазовых переходов второго рода, где рассмотрение ограничено релаксационным движением доменных границ [6, 7]; модели, основанные на статистической теории кристаллизации Колмогорова — Аврами где отсутствует анализ сил, действующих на доменные границы [8—13]; модели, базирующиеся на фрактальном подходе [14]. В моделях сегнетоэлектрического конденсатора [15] практически не учитывается доменная структура и природа переключения поляризации в сегнетоэлектрике. В [16] предложена имитационная модель, отражающая динамику переполаризации сегнетоэлектрического кристалла в рамках двумерного геометрического представления. Исследован процесс переполаризации сегнетоэлектрических кристаллов в инжекционном режиме.

В настоящей работе проведено компьютерное моделирование различных экспериментальных данных в рамках модели движения доменных границ, описанной для сегнетоэлектриков Шильниковым [17], а также Поповым и Шуваловым [18]. Впоследствии модель, предложенная Шильниковым [17], приобрела более общий вид в рамках работ Нестерова [19—21].

В своих работах [17, 19—21] Шильников и Нестеров рассматривают движение доменных границ под действием электрического поля на некоторое расстояние dx . При этом смещение осуществляется путем зарождения ступенчатых доменов на уже существующих доменных границах. Процесс, активированный электрическим полем, сопровождается возникновением сил, подобных силам сухого трения (если пренебречь термической активацией процесса зародышеобразования). Электрическое поле предполагается синусоидальным. Для П-импульсного поля, из-за недостаточных компьютерных мощностей на момент написания работы [19], предложен лишь алгоритм действий.

К уравнению движения доменных границ авторы приходят через закон сохранения энергии для единицы площади доменной границы в виде $\delta A = \delta Q + dU_k + \delta U_s$ и соответствующих величин: $\delta A = 2P_s E \dot{x} dt$ — работы внешнего электрического поля; $\delta Q = \eta (\dot{x})^2 dt$ — потери энергии на вязкое трение; $dU_k = kx dx$ — энергии квазиупругих сил; $\delta U_s = F \operatorname{sgn}(\dot{x}) dt$ — энергии, затрачиваемой на образование поверхности ступенчатого домена, приходящегося на единицу поверхности существующей доменной границы, отмечают, что эта энергия численно равна работе силы типа силы сухого трения $f_{с.тр}$.
Причем $F = \frac{\sigma}{\alpha}$ (здесь σ — энергия, затрачиваемая на образование единичной

поверхности доменной границы (коэффициент поверхностного натяжения); α — коэффициент пропорциональности, характеризующий геометрию ступенчатых доменов). В уравнении $\text{sgn}(\dot{x})$ введено для учета положительности энергии.

Подставив указанные величины в закон сохранения энергии и разделив на xdt , получаем уравнение движения доменных границ в виде

$$\eta \dot{x}' + kx + F \text{sgn}(\dot{x}') = 2P_s E. \quad (1)$$

Уравнение (1) можно разбить на два уравнения:

$$\eta_1 \dot{x}'_1 + k_1 x_1 = 2P_s E, \quad (2)$$

$$F \text{sgn}(\dot{x}'_2) + k_2 x_2 = 2P_s E, \quad (3)$$

где η и F — эффективные коэффициенты вязкого и сухого трения соответственно; k_1 и k_2 — эффективные коэффициенты квазиупругой силы; x_1 , x_2 и $\dot{x}'_1$, $\dot{x}'_2$ — средние смещения и скорости доменной границы, соответственно; P_s — спонтанная поляризация образца; E — напряженность электрического поля.

Уравнения определяют вклад в эффективную диэлектрическую проницаемость и эффективные диэлектрические потери релаксационного (2), осуществляемого за счет непрерывного изменения порядка, и гистерезисного (3), осуществляемого за счет скачкообразного изменения направления поляризации в «заметаемых» доменной границей элементарных ячейках сегнетоэлектрика, механизмов движения доменных границ.

Член вынуждающей электрической силы $2P_s E$ взят в приведенном виде для случая параллельных векторов $\vec{P}_s$ и $\vec{E}$. В общем случае непараллельных векторов $\vec{P}_s$ и $\vec{E}$ не только появляется дополнительный коэффициент электрической силы $\cos(P_s \wedge E)$, но изменяются значения коэффициентов η , k и F . Вероятно, эти коэффициенты в общем случае представимы в тензорном виде, соотношение компонент которых определяют симметрией кристалла. Учет перечисленных фактов особенно важен при рассмотрении процессов переключения с участием не 180-градусных ДГ [19].

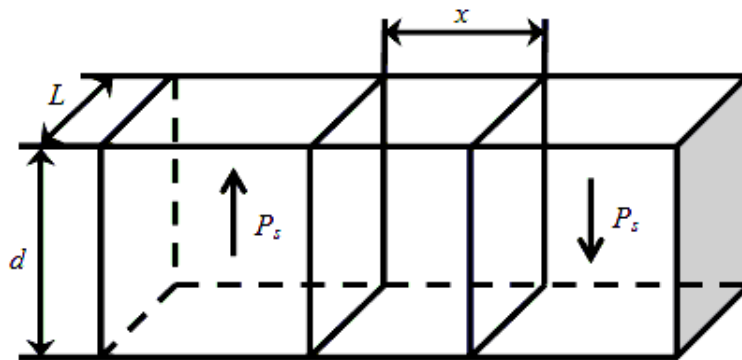
Однако в представленной модели не описывается влияние механической нагрузки. Вследствие пьезоэлектрического эффекта возрастает электрическое поле, кроме того, за счет обратного пьезоэффекта и из-за поликристалличности образца растут и внутренние механические напряжения σ_v , величина которых складывается из суммы локальных, вызванных внешней нагрузкой, и внутренних механических напряжений. Такое воздействие может привести к микроразрушениям в образце. Развитию подобных эффектов способствуют также процессы переориентации сегнетоэлектрических доменов — механических двойников. Видимо, происходят необратимые 90-градусные доменные переориентации, которые можно рассматривать как пластическое деформирование путем двойникования [22]. Необходимо учитывать, что движение не 180-градусных доменов может вызывать как электрическое поле $\vec{E}$, так и внешние механические напряжения σ и внутренние механические напряжения σ_v , а движение 180-градусных доменов — только электрическое поле $\vec{E}$.

Рассмотрим движение доменной границы в рамках модели движения 180-градусных и не 180-градусных доменных стенок [19—21] с учетом внутренних механических напряжений. Моделирование поляризационных процессов проводилось с учетом выбора параметров, отвечающих условиям экспериментального наблюдения.

При смещении доменной границы (рис.), вызванного действием постоянного электрического поля, возникает заряд, определяемый как

$$Q = Lx2P_S + Lx \int j_{yt} dt, \quad (4)$$

где P_S — спонтанная поляризация, $j_{yt} = j_{abc} + j_{скв}$ — плотность тока утечки, протекающего по диэлектрику под воздействием постоянного напряжения и обусловленного наличием в диэлектриках свободных носителей заряда различной природы. Ток утечки, возникающий во время обращения спонтанной поляризации сегнетоэлектриков, часто сопровождается импульсами переходного тока [23]. При сверхбыстром переключении объемные заряды не успевают следовать за доменной границей и отрываются от нее, в результате образуются свободные заряды [24].



Модельное представление геометрии движения доменной границы в сегнетоэлектрическом образце: L, d — ширина и высота доменной области соответственно

Учитывая связь $Q = pS = pLd$ и (4), получаем из уравнения (2) уравнение изменения поляризации:

$$\eta \dot{p} + kp = \frac{4P_S^2 + 2P_S \int j_{yt} dt}{d} E. \quad (5)$$

Задавая время релаксации как $\tau = \frac{\eta}{k}$ и коэффициент $\alpha = \frac{4P_S^2 + 2P_S \int j_{yt} dt}{kd}$, уравнение (5) приобретает вид

$$\tau \dot{p} + p = \alpha E. \quad (6)$$

При приложении механической нагрузки к образцу происходит деформация зерен сегнетокерамики, при этом возникают дополнительные локальные механические напряжения в местах соприкосновения зерен. При прохождении таких мест 90-градусные доменные границы испытывают дополнительное со-

противление, что приводит к локальным изменениям потенциального профиля. При преодолении дополнительного сопротивления в местах локального напряжения доменные границы совершают скачок, что приводит к возникновению дополнительных максимумов на временной зависимости токов переполаризации [25]. Такие механизмы рассмотрены в рамках уравнения движения доменных границ [21, 22]:

$$\eta \dot{x}' + kx = \alpha_1 u_S \sigma_{ij} + \alpha_2 2P_S E, \quad (7)$$

где u_S и σ_{ij} — спонтанная деформация и механическое нагружение соответственно; коэффициент α_1 определяется геометрией механического напряжения и спонтанной деформации; коэффициент α_2 зависит от взаимной ориентации векторов напряженности электрического поля и вектора спонтанной поляризации [25].

При смещении (скачке) доменной границы в местах локального напряжения под действием механической нагрузки возникает скачок тока, а значит должны появляться свободные заряды аналогичные зарядам, определяемым в (4). Учет проводимости компонентов смеси (зерна, прослойки) приводит к возникновению поляризации и релаксации Максвелла — Вагнера (наиболее медленный релаксационный механизм поляризации), обусловленных накоплением свободных зарядов на поверхности раздела компонентов смеси (зерна и прослойки). Учитывая связь заряда и поляризации из (7) получаем уравнение изменения поляризации при приложении механической нагрузки:

$$\eta \dot{p} + kp = \frac{\alpha_1 u_S (2P_S + \int j_{yT} dt)}{d} \sigma_{ij} + \frac{\alpha_2 (4P_S^2 + 2P_S \int j_{yT} dt)}{d} E. \quad (8)$$

Задавая время релаксации как $\tau = \frac{\eta}{k}$, коэффициент $\alpha = \frac{\alpha_2 (4P_S^2 + 2P_S \int j_{yT} dt)}{kd}$ и коэффициент $\beta = \frac{\alpha_1 u_S (2P_S + \int j_{yT} dt)}{d}$, уравнение (8) приобретает вид

$$\tau \dot{p} + p = \alpha E + \beta \sigma. \quad (9)$$

Однако полученное уравнение не учитывает внутренних механических напряжений.

Время релаксации параметра может зависеть от доменной структуры и ее взаимодействия с точечными дефектами, поэтому релаксацию будем характеризовать соответствующим рядом времен τ_1 для 180-градусных доменов и τ_2 для не 180-градусных доменов.

С учетом внешних механических напряжений σ и внутренних механических напряжений σ_v при механической нагрузке образца и рассматривая случай, когда движение одних доменных границ не влияет на движение других доменных границ, т. е. вдали от насыщения поляризации, ток поляризации (плотность тока, умноженная на площадь сечения образца) сегнетокерамики можно описать системой уравнений

$$\tau_1 \dot{p}_1 + p_1 = \alpha_1 E, \quad (10)$$

$$\tau_2 \dot{p}_2 + p_2 = \alpha_2 E + \beta(\sigma + \sigma_b), \quad (11)$$

$$i = \dot{p}_1 + p_2, \quad (12)$$

где p_1 — поляризация, обусловленная наличием 180-градусных доменов и p_2 — поляризация, обусловленная наличием не 180-градусных доменов; коэффициенты α_1 , α_2 и β определяются геометрией взаимного расположения векторов напряженностей электрического поля $\vec{E}$, компонентов тензора механических напряжений σ и направлений векторов спонтанной поляризации $\vec{P}_S$ в 180-градусных доменах и не 180-градусных доменах; i — ток поляризации, обусловленный движением 180-градусных и не 180-градусных доменных границ.

В модели используются усредненные по всем кристаллитам величины. Компоненты вектора $\vec{E}$ и тензора напряжений определяются прикладываемым воздействием к образцу.

Импульс электрической или механической нагрузки задается функцией ступенькой, с учетом времени приложения и значения приложенного электрического напряжения и механического нагружения образца. Причем максимальные растягивающие напряжения рассчитывали по формуле для изгиба круглых пластин с недеформируемой нейтральной плоскостью [22]:

$$\sigma = \frac{3}{2} \frac{1+\nu}{\pi h^2} \left(\ln \frac{b}{a} \frac{1-\nu}{1+\nu} \frac{b^2 - a^2}{2c^2} \right) P, \quad (13)$$

где a — радиус нагружающего пуансона; b — радиус нижней опоры; c — радиус образца; ν — коэффициент Пуассона; h — толщина образца; P — приложенная сила.

Сегнетоэлектрические зерна являются кристаллитами с высоким содержанием дефектов. Распределение дефектов по зерну является неконтролируемым процессом и имеет случайный характер. Поэтому такое распределение в достаточно хорошей степени точности можно описать равномерным распределением. Данные дефекты играют определяющую роль в процессах поляризации и реполяризации сегнетокерамики, выступая центрами зародышеобразования новых доменов [26]. Учитывая вышесказанное, внутренние механические напряжения σ_b задаются случайным набором нормально распределенных значений.

Модель позволяет произвести разделение вкладов 180-градусных доменных стенок $\dot{p}_1'$ и вкладов не 180-градусных доменных стенок $\dot{p}_2'$ в ток поляризации (12).

Наблюдаемое в некоторых образцах замедленное увеличение значения тока поляризации также учитывалось при моделировании. Такое увеличение можно объяснить вкладом в пьезоэффект процесса перестройки доменной структуры. И дальнейшее замедление скорости движения доменной стенки вызывается уменьшением локального поля на стенке под действием остаточного деполяризующего поля, создаваемого связанными зарядами в области за движущейся стенкой [27].

Модель движения доменных границ позволяет с единой точки зрения описать экспериментальные закономерности поведения поляризационных токов, при электромеханическом воздействии и дает возможность провести анализ вкладов 180-градусных и не 180-градусных доменных стенок в поляризационные токи в сегнетокерамике. Наблюдаемый в экспериментах замедленный рост переходного тока при одновременном воздействии постоянного электрического поля и механической нагрузки по сравнению с быстрым ростом значения тока при воздействии только одного постоянного электрического поля может быть объяснен конкурирующим влиянием механического напряжения и электрического поля на динамику доменных стенок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Процессы переключения в кристаллах ТГС, облученных сильноточным импульсным пучком электронов / В. В. Ефимов, В. В. Иванов, С. И. Тютюнников, Е. А. Клевцова // Сообщения объединенного института ядерных исследований. Дубна : Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований, 2002. 17 с.
2. Лайнс М. Сегнетоэлектрики и родственные им материалы. М. : Мир, 1981. 725 с.
3. Донцова Л. И., Тихомирова Н. А., Гинзберг А. В. Кинетика процесса переключения локально облученных образцов триглицинсульфата // ФТТ. 1988. Т. 30. № 9. С. 2692—2697.
4. Эмиссия электронов при переключении сегнетоэлектрика германата свинца / Г. И. Розенман, В. А. Охапкин, Ю. Л. Чепелев, В. Я. Шур // Письма в ЖТФ. 1984. Т. 39. С. 397—399.
5. Согр А. А., Копылова И. Б. Исследование кинетики накопления и релаксации инжектированных зарядов в кристаллах ТГС // Изв. РАН. Сер. физич. 2000. Т. 64. № 6. С. 1199—1202.
6. Захаров М. А., Кукушкин С. А., Осипов А. В. Теория переключения сегнетоэлектриков (основные стадии) // ФТТ. 2005. Т. 47. Вып. 4. С. 673—678.
7. Omura M., Mihara T., Ishibashi Y. Simulations of switching characteristics in ferroelectrics // Jap. J. Appl. Phys. 1993. V. 32. № 9B. С. 4388—4391.
8. Колмогоров А. М. К статистической теории кристаллизации металлов // Изв. АН СССР. Сер. мат. 1937. Т. 3. С. 355—361.
9. Avrami M. Kinetics of phase change. General theory // J. Chem. Phys. 1939. Vol. 7. P. 1103—1107.
10. Ishibashi Y., Takagi Y. J. Note on Ferroelectric Domain Switching // Phys. Soc. Jap. 1971. V. 31. P. 506—510.
11. Ishibashi Y., Orihara H. Size Effect in Ferroelectric Switching // Phys. Soc. Jap. 1992. V. 61. № 12. P. 4650—4656.
12. Кинетика доменной структуры и токи переключения в монокристаллах конгруэнтного и стехиометрического танталата лития / В. Я. Шур, Е. В. Николаева, Е. И. Шишкин, В. Л. Кожевников, А. П. Черных // ФТТ. 2002. Т. 44. Вып. 11. С. 2055—2060.
13. Шур В. Я., Румянцев Е. Л., Макаров С. Л. Кинетика переключения поляризации в сегнетоэлектриках конечных размеров // ФТТ. 1995. Т. 37. № 6. С. 1687—1692.
14. Мейланов Р. П., Садыков С. А. Фрактальная модель кинетики переключения поляризации в сегнетоэлектриках // Журнал технической физики. 1999. Т. 69. № 5. С. 128—129.
15. Modeling ferroelectric capacitor switching with asymmetric nonperiodic input signals and arbitrary initial conditions / S. L. Miller, J. R. Schwank, R. D. Nasby, M. S. Rodgers // J. Appl. Phys., 1991. V. 70. № 5. P. 2849—2860.
16. Масловская А. Г., Барабаш Т. К. Имитационное моделирование процесса переключения поляризации сегнетоэлектрических кристаллов под действием инжектированных зарядов // Вестник МГОУ. Сер.: Физика — Математика. 2011. № 2. С. 53—60.
17. Шильников А. В. Некоторые диэлектрические свойства полидоменных монокристаллов сегнетовой соли, триглицинсульфата и дигидрофосфата калия : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Воронеж : ВПИ, 1972. 19 с.
18. Попов Э. С., Шувалов Л. А. Поверхностное натяжение 180-градусных доменных стенок и некоторые явления в кристаллах триглицинсульфата и С-доменного титаната бария // Кристаллография. 1973. Т. 18. Вып. 3. С. 642—644.
19. Нестеров В. Н. Динамика доменных и межфазных границ в сегнетоэлектрических твердых растворах на основе цирконата-титаната свинца (компьютерный анализ) : дис. ... канд. физ.-мат. наук. Волгоград : ВАСА, 1997. 263 с.

20. Nesterov V. N., Shil'nikov A. V. The computer analysis of dynamics of domain boundaries in ferroelectrics-Ferroelastics // *Ferroelectrics*. 2002. № 265. С. 153—159.
21. Shil'nikov A. V., Nesterov V. N., Burkhanov A. I. Mechanisms of motion of domain and interphase boundaries and their computer simulation // *Ferroelectrics*. 1996. № 175. С. 145—151.
22. Жога Л. В., Шнейцман В. В. Кинетика хрупкого разрушения материалов в электрических и механических полях : монография. Волгоград : ВолгГАСУ, 2008. 198 с.
23. Husimi K., Kataoka K. Nondestructive Measuring Method of Polarization for the Study of Ferroelectrics // *Rev. Sci. Instrum.* 1960. V. 31. С. 418—421.
24. Садыков С. А., Бородин В. З., Агаларов А. Ш. Реверсивные характеристики поляризации сегнетокерамики в быстро нарастающем электрическом поле // *Журнал технической физики*. 2000. Т. 70. № 6. С. 108—112.
25. Нестеров В. Н., Кочергин И. В., Жога Л. В. Абсорбционный ток в нагруженной сегнетокерамике // *Физика твердого тела*. 2009. Т. 51. № 7. С. 1439—1440.
26. Жога Л. В., Нестеров В. Н., Терех В. В. Статистические закономерности релаксации поляризации в предварительно заполяризованной сегнетокерамике // *Известия Волгогр. гос. техн. ун-та : межвуз. сб. научн. ст.* 2011. № 6(79). Вып. 5. С. 51—55.
27. Кинетика доменной структуры и токи переключения в монокристаллах конгруэнтного и стехиометрического танталата лития / В. Я. Шур, Е. В. Николаева, Е. И. Шишкин, В. Л. Кожевников // *Физика твердого тела*. 2002. Т. 44. № 11. С. 2055—2060.
1. Protsessy pereklyucheniya v kristallakh TGS, obluchennykh sil'notochnym impul'snym puchkom elektronov / В. V. Efimov, V. V. Ivanov, С. I. Tyutyunnikov, Е. А. Klevtsova // *Soobshcheniya ob"edinennogo instituta yadernykh issledovaniy. Dubna : Izdatel'skiy otdel Ob"edinennogo instituta yadernykh issledovaniy*, 2002. 17 s.
2. Layns M. Segnetoelektriki i rodstvennye im materialy. M. : Mir, 1981. 725 s.
3. Dontsova L. I., Tikhomirova N. A., Ginzberg A. V. Kinetika protsessa pereklyucheniya lokal'no obluchennykh obraztsov triglitsinsul'fata // *FTT*. 1988. Т. 30. № 9. С. 2692—2697.
4. Emissiya elektronov pri pereklyuchenii segnetoelektrika germanata svintsya / G. I. Rozenman, V. A. Okhapkin, Yu. L. Chepelev, V. Ya. Shur // *Pis'ma v ZhTF*. 1984. Т. 39. С. 397—399.
5. Sogr A. A., Kopylova I. B. Issledovanie kinetiki nakopleniya i relaksatsii inzhektirovannykh zaryadov v kristallakh TGS // *Izv. RAN. Ser. fizich.* 2000. Т. 64. № 6. С. 1199—1202.
6. Zakharov M. A., Kukushkin S. A., Osipov A. V. Teoriya pereklyucheniya segnetoelektrikov (osnovnye stadii) // *FTT*. 2005. Т. 47. Вып. 4. С. 673—678.
7. Omura M., Mihara T., Ishibashi Y. Simulations of switching characteristics in ferroelectrics // *Jap. J. Appl. Phys.* 1993. V. 32. № 9B. С. 4388—4391.
8. Kolmogorov A. M. K statisticheskoy teorii kristallizatsii metallov // *Izv. AN SSSR. Ser. mat.* 1937. Т. 3. С. 355—361.
9. Avrami M. Kinetics of phase change. General theory // *J. Chem. Phys.* 1939. Vol. 7. P. 1103—1107.
10. Ishibashi Y., Takagi Y. J. Note on Ferroelectric Domain Switching // *Phys. Soc. Jap.* 1971. V. 31. P. 506—510.
11. Ishibashi Y., Orihara H. Size Effect in Ferroelectric Switching // *Phys. Soc. Jap.* 1992. V. 61. № 12. P. 4650—4656.
12. Kinetika domennoy struktury i toki pereklyucheniya v monokristallakh kongruentnogo I stekhiometricheskogo tantalata litiya / V. Ya. Shur, E. V. Nikolaeva, E. I. Shishkin, V. L. Kozhevnikov, A. P. Chernykh // *FTT*. 2002. Т. 44. Вып. 11. С. 2055—2060.
13. Shur V. Ya., Rumyantsev E. L., Makarov S. L. Kinetika pereklyucheniya polarizatsii v segnetoelektrikakh konechnykh razmerov // *FTT*. 1995. Т. 37. № 6. С. 1687—1692.
14. Meylanov R. P., Sadykov S. A. Fraktal'naya model' kinetiki pereklyucheniya polarizatsii v segnetoelektrikakh // *Zhurnal tekhnicheskoy fiziki*. 1999. Т. 69. № 5. С. 128—129.
15. Modeling ferroelectric capacitor switching with asymmetric nonperiodic input signals and arbitrary initial conditions / S. L. Miller, J. R. Schwank, R. D. Nasby, M. S. Rodgers // *J. Appl. Phys.*, 1991. V. 70. № 5. P. 2849—2860.
16. Maslovskaya A. G., Barabash T. K. Imitatsionnoe modelirovanie protsessa pereklyucheniya polarizatsii segnetoelektricheskikh kristallov pod deystviem inzhektirovannykh zaryadov // *Vestnik MGOU. Ser.: Fizika — Matematika*. 2011. № 2. С. 53—60.
17. Shil'nikov A. V. Nekotorye dielektricheskie svoystva polidomennykh monokristallov segnetovoy soli, triglitsinsul'fata i digidrofosfata kaliya : avtoref. dis. ... kand. fiz.-mat. nauk. Voronezh : VPI, 1972. 19 s.

18. Popov E. S., Shuvalov L. A. Poverkhnostnoe natyazhenie 180-gradusnykh domennykh ste-nok i nekotorye yavleniya v kristallakh triglitsinsul'fata i S-domennogo titanata bariya // Kristallografiya. 1973. T. 18. Vyp. 3. S. 642—644.
19. Nesterov V. N. Dinamika domennykh i mezhfaznykh granits v segnetoelektricheskikh tverdykh rastvorakh na osnove tsirkonata-titanata svintsa (komp'yuternyy analiz) : dis. ... kand. fiz.-mat. nauk. Volgograd : VASA, 1997. 263 s.
20. Nesterov V. N., Shil'nikov A. V. The computer analysis of dynamics of domain boundaries in ferroelectrics-Ferroelastics // Ferroelectrics. 2002. № 265. S. 153—159.
21. Shil'nikov A. V., Nesterov V. N., Burkhanov A. I. Mechanisms of motion of domain and interphase boundaries and their computer simulation // Ferroelectrics. 1996. № 175. S. 145—151.
22. Zhoga L. V., Shpeyzman V. V. Kinetika khrupkogo razrusheniya materialov v elektricheskikh i mekhanicheskikh polyakh : monografiya. Volgograd : VolgGASU, 2008. 198 s.
23. Husimi K., Kataoka K. Nondestructive Measuring Method of Polarization for the Study of Ferroelectrics // Rev. Sci. Instrum. 1960. V. 31. C. 418—421.
24. Sadykov S. A., Borodin V. Z., Agalarov A. Sh. Reversivnye kharakteristiki polyarizatsii segnetokeramiki v bystronarastayushchem elektricheskome pole // Zhurnal tekhnicheskoy fiziki. 2000. T. 70. № 6. S. 108—112.
25. Nesterov V. N., Kochergin I. V., Zhoga L. V. Absorbtsionnyy tok v nagruzhennoy segnetokeramike // Fizika tverdogo tela. 2009. T. 51. № 7. S. 1439—1440.
26. Zhoga L. V., Nesterov V. N., Terekh V. V. Statisticheskie zakonomernosti relaksatsii polyarizatsii v predvaritel'no zapolyarizovannoy segnetokeramike // Izvestiya Volgogr. gos. tekhn. un-ta : mezhvuz. sb. nauch. st. 2011. № 6(79). Vyp. 5. S. 51—55.
27. Kinetika domennoy struktury i toki pereklyucheniya v monokristallakh kongruentnogo i stekhiometricheskogo tantalata litiya / V. Ya. Shur, E. V. Nikolaeva, E. I. Shishkin, V. L. Kozhevnikov // Fizika tverdogo tela. 2002. T. 44. № 11. S. 2055—2060.

© Коренева В. В., Жога Л. В., Нестеров В. Н., Пиунов Е. М., 2013

Поступила в редакцию
в июне 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Поляризационные токи при электромеханическом воздействии на сегнетокерамике / В. В. Коренева, Л. В. Жога, В. Н. Нестеров, Е. М. Пиунов // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 63—71.

УДК 621.791.92:669.15-198

Ф. А. Кязимов, П. В. Попов, В. А. Перфилов

**РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ СПЛАВА ДЛЯ БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА,
ПОЛУЧЕННОГО ПЕРЕПЛАВОМ ПОРОШКОВОЙ КОМПОЗИЦИИ
НА ОСНОВЕ W_2B_5 — FeCr — FeV**

Исследована структура наплавленного металла на основе W_2B_5 . С использованием рентгеноструктурного анализа установлено, что при содержании в сплаве 40 % W_2B_5 соединение FeB не образуется.

Ключевые слова: абразивная износостойкость, наплавленный металл, рентгенофазовый анализ, борид вольфрама.

The structure of weld metal based on W_2B_5 is investigated. Using X-ray diffraction analysis it is determined that the compounding FeB cannot be formed in alloy that contains 40 % of W_2B_5 .

Key words: abrasive wear resistance, weld metal, X-ray diffraction analysis, wolfram boride.

Повышение газоабразивной износостойкости наплавочных материалов, используемых для упрочнения рабочих органов машин и механизмов, является одной из актуальных задач машиностроения. Долговечность работы деталей машин и механизмов зависит от величины и характера действующих на них нагрузок, твердости и прочности абразивов, а также структуры и свойств наплавленного металла. Одним из важных факторов, влияющих на абразивную износостойкость, является наличие в структуре наплавленного металла равномерно распределенных упрочняющих фаз и прочной металлической матрицы с высокими демпфирующими свойствами.

В работе проводился рентгеноструктурный анализ наплавленного электрошлаковым способом (ЭШН) металла, с использованием смеси порошков W_2B_5 ; FeCr; FeV с различным содержанием борид вольфрама от 10 до 40 %. Повышение содержания борид вольфрама в шихте от 50 до 70 % приводило к получению структуры металла [1] с низкими физико-механическими свойствами.

Условие и режим ЭШН выбирались в соответствие с методикой, разработанной авторами [2]. Дифрактограммы снимали в медном излучении мощностью 3 кВт с вращающимся анодом в геометрии тета-2-тета на приборе Rigaku SmartLab по два-три раза с каждого образца наплавленного металла. Рассчитывалось среднее значение интенсивности для каждой композиции.

Дифрактограммы исследуемой композиции представлены на рис. 1.

Результаты химического (табл. 1—4) и рентгеноструктурного анализов (табл. 5) сплавов, полученных с использованием наплавочной композиции, содержащей W_2B_5 , показали, что при формировании наплавленного металла в нем образуются сложные карбобориды (на основе W_2B_5) с растворенными в них элементами: ванадием, хромом, железом.

Анализируя данные, выявили, что содержание в исходной шихте до 10 % W_2B_5 не приводит к образованию в матрице частиц FeB, способствующих охрупчиванию наплавленного металла. Высокое содержание железа в твердом растворе обуславливает снижение его микротвердости, а сле-

довательно, и способности к сопротивлению газоабразивному изнашиванию. Увеличение содержания боридов вольфрама до 20 % приводит к образованию боридов железа в матрице, боридов ванадия и хрома, а также к росту содержания ванадия и углерода в твердом растворе сплава [3].

Наплавленный металл, содержащий 30 % W_2B_5 , характеризуется наличием сложных карбоборидов вольфрама, ванадия и хрома в матрице, а также снижением в ней количества боридов железа [3].

Композиция с содержанием 40 % W_2B_5 характеризуется отсутствием FeV в наплавленном металле, что не приводит к его охрупчиванию. В металле формируются сложные карбобориды с высоким содержанием хрома и ванадия, имеющие высокую микротвердость. В матрице растворяется значительное количество ванадия и хрома, способствующих повышению ее твердости [3]. Таким образом, наплавочная композиция, содержащая 35...45 % W_2B_5 , обладает наибольшей способностью к газоабразивному изнашиванию, что подтверждается проведенными исследованиями [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кязымов Ф. А., Орешкин В. Д., Попов П. В. Абразивная износостойкость композиционных материалов на основе W_2B_5 // Новые перспективные материалы и технологии их получения НПМ — 2007 : сб. тр. Волгоград : ВГТУ, 2007. С. 175—176.

2. Кязымов Ф. А., Орешкин В. Д., Попов П. В. Влияние силы тока на структуру наплавочного материала W_2B_5 — FeCr — FeV // Известия Волгоградского государственного технического университета : межвуз. сб. науч. ст. Волгоград. 2009. № 11(59) С. 69—70.

3. Кязымов Ф. А., Орешкин В. Д., Попов П. В. Химический анализ наплавочной композиции на основе W_2B_5 // Известия Волгоградского государственного технического университета : межвуз. сб. науч. ст. Волгоград. 2010. № 4(64) С. 81—83.

1. Kyzymov F. A., Oreshkin V. D., Popov P. V. Abrazivnaya iznosostoykost' kompozitsionnykh materialov na osnove W_2B_5 // Novye perspektivnye materialy i tekhnologii ikh polucheniya NPM — 2007 : sb. tr. Volgograd : VGTU, 2007. S. 175—176.

2. Kyzymov F. A., Oreshkin V. D., Popov P. V. Vliyanie sily toka na strukturu naplavochnogo materiala W_2B_5 — FeCr — FeV // Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta : mezhvuz. sb. nauch. st. Volgograd. 2009. № 11(59) S. 69—70.

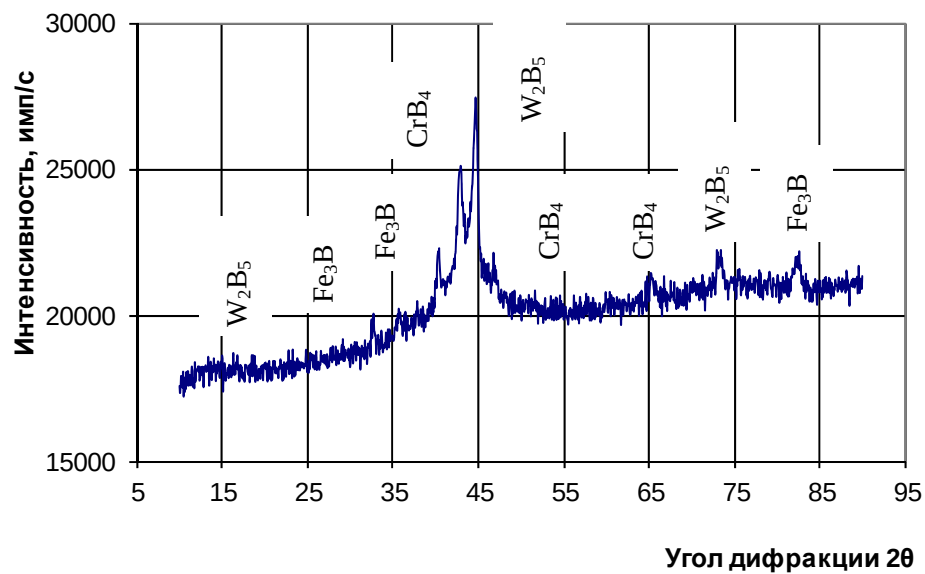
3. Kyzymov F. A., Oreshkin V. D., Popov P. V. Khimicheskii analiz naplavochnoy kompozitsii na osnove W_2B_5 // Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta : mezhvuz. sb. nauch. st. Volgograd. 2010. № 4(64) S. 81—83.

© Кязымов Ф. А., Попов П. В., Перфилов В. А., 2013

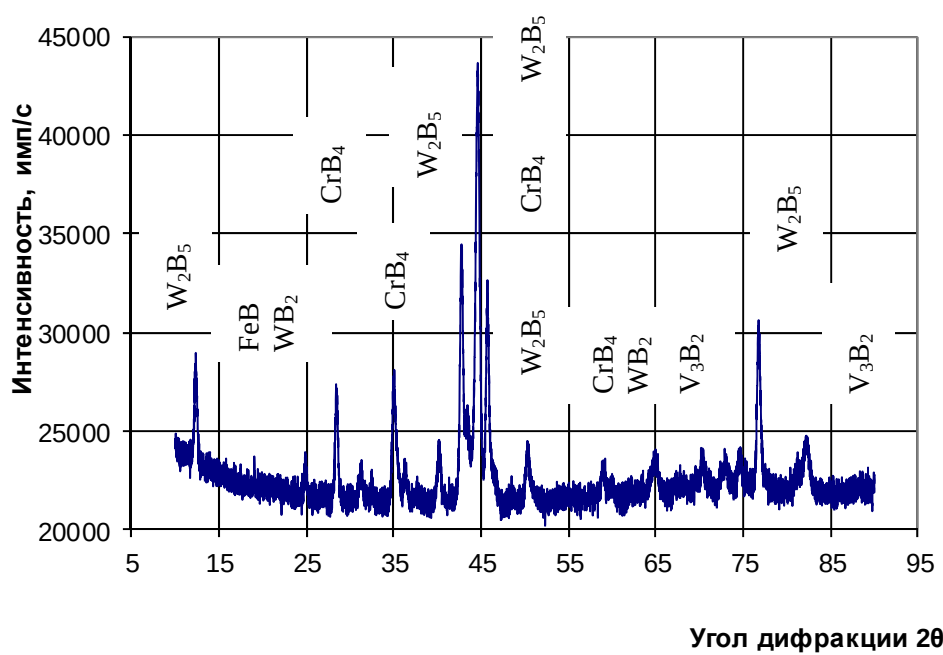
Поступила в редакцию
в мае 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Кязымов Ф. А., Попов П. В., Перфилов В. А. Рентгеноструктурный анализ сплава для бурового инструмента, полученного переплавом порошковой композиции на основе W_2B_5 — FeCr — FeV // Вестник Волгogr. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр.-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 72—77.

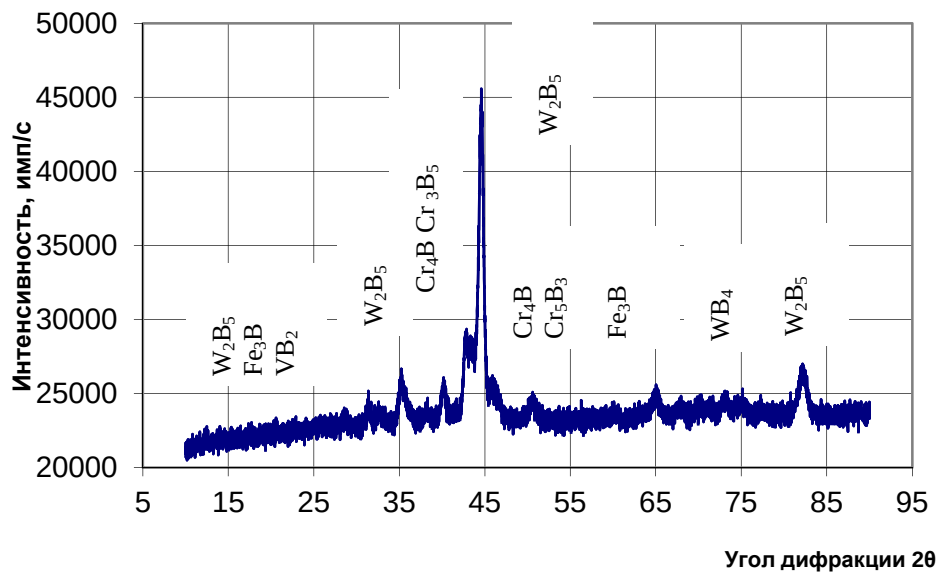


a

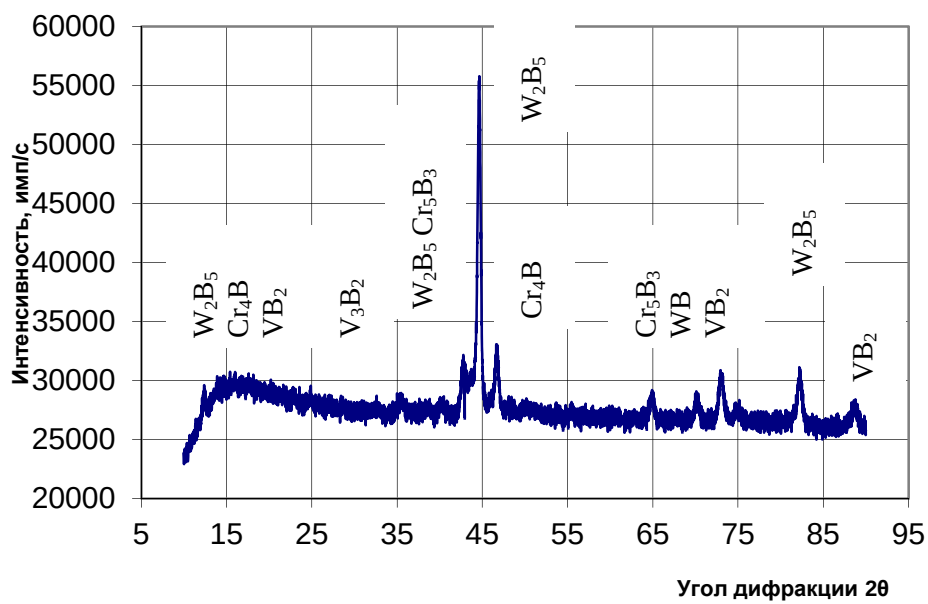


б

Рис. 1 (начало). Дифрактограмма металла, наплавленного порошковой композицией W_2B_5 — FeCr — FeV с содержанием W_2B_5 : *a* — 10 %; *б* — 20 %; *в* — 30 %; *г* — 40 %



а



б

Рис. 1 (окончание). Дифрактограмма металла, наплавленного порошковой композицией W_2B_5 — FeCr — FeV с содержанием W_2B_5 : а — 10 %; б — 20 %; в — 30 %; г — 40 %

Таблица 1

Химический анализ порошковой наплавочной композиции на основе 20 % W_2B_5

Элемент	Содержание W_2B_5 , %				
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
V	—	0,49	1,75	4,65	1,34
Cr	—	0,39	1,31	1,55	0,73
Mn	0,44	3,58	3,33	0,52	6,3
Fe	93,72	84,62	80,89	71,31	76,63
W	—	4,13	5,22	16,32	12,3
C	5,84	6,79	6,5	4,65	2,7

Таблица 2

Химический анализ порошковой наплавочной композиции на основе 30 % W_2B_5

Элемент	Содержание W_2B_5 , %				
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
V	—	—	1,82	1,64	3,8
Cr	0,89	0,82	2,81	3,23	3,99
Mn	—	—		0,21	0,28
Fe	91,15	93,33	78,25	76,02	59,61
Cu	—	—	0,86	1,09	0,37
W	—	—	8,75	12,07	25,66
C	5,16	5,68	7,09	5,74	6,28

Таблица 3

Химический анализ порошковой наплавочной композиции на основе 40 % W_2B_5

Элемент	Содержание W_2B_5 %			
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
V	—	1,53	3,79	6,05
Cr	—	8,27	19,49	13,87
Mn	0,67	0,52	0,91	0,30
Fe	93,5	72,46	55,07	23,56
Ni	—	0,22	—	0,39
Cu	—	2,6	0,69	1,19
W	—	8,21	13,52	46,29
C	5,57	5,49	6,52	8,36
Si	0,26	0,71	—	—

Таблица 4

Химический анализ порошковой наплавочной композиции на основе 50 % W_2B_5

Элемент	Содержание W_2B_5 , %				
	A	B	C	D	E
V	—	2,73	0,6	1,22	1,83
Cr	—	2,74	1,75	3,83	3,67
Mn	—	0,67	0,36	0,641	0,58
Fe	92,41	79,52	31,24	83,22	63,53
W	—	7,81	59,35	6,04	17,66
C	7,59	6,53	6,7	5,04	6,73

Таблица 5

Рентгенофазовый анализ композиции W_2B_5 — FeCr — FeV

Содержание W_2B_5 , %	Фазовый состав	
	Идентифицированные фазы	Предположительно существующие фазы
10	W_2B_5 , Fe_3B , CrB_4	γ -WB ₂ , Cr_5B_3
20	W_2B_5 , FeB, CrB_4 , WB ₂ , V_3B_2	Cr_5B_3 , FeB ₃ , β -WB, WB ₄
30	W_2B_5 , Fe_3B , VB ₂ , WB ₄ , Cr_5B_3 , Cr_4B	Cr_2B_3 , WB ₂
40	W_2B_5 , WB, Cr_4B , Cr_5B_3 , VB ₂ , V_3B_2	Cr_2B_3 , ϵ -BW _{2,5}

УДК 691.534.2

В. И. Логанина, Р. В. Тарасов, Э. Р. Акжигитова

СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НИЗКООБЖИГОВЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК

Рассмотрена возможность применения смешанослойных глин Пензенского региона в качестве структурирующей добавки в известковых сухих строительных смесях. Установлено, что введение глины, обожженной при температуре 400...500 °С, способствует повышению прочности при сжатии в зависимости от вида глины в 2,0—2,6 раза. Представлены результаты сравнительного анализа кинетики структурообразования известкового камня при введении низкообжиговой глины и глины, после обжига при температуре 600 °С.

К л ю ч е в ы е с л о в а: сухие строительные смеси, глина, температура обжига, прочность известкового композита, структурообразование известково-песчаного образца.

The authors consider the possibility to use mixed layered clays from Penza region as a structuring additive to lime dry construction mixes. It is established that the appliance of clay burnt at temperature of 400...500 °С promotes strength enhancement under compression depending on the type of clay by 2,0—2,6 times. The results of the comparative analysis of kinetics of structurization of lime stone are presented when applying single-burnt clay and clay burnt at temperature of 600 °С.

К e y w o r d s: dry construction mixes, clay, burning temperature, durability of lime composite, structurization of lime and sand sample.

Покрытия на основе известковых сухих строительных смесей (ССС) отличаются низкими показателями прочности, для повышения которых вводятся модифицирующие добавки, в основном зарубежного производства. Все это делает производство СССР зависимым от зарубежных поставок и приводит к удорожанию самой смеси.

Многообразие минерального сырья на территории Пензенской области создает предпосылки для разработки компонентов СССР на основе местных материалов [1, 2, 3].

Предлагается получение активных минеральных добавок из глин Пензенского региона путем их обжига при низких температурах. По данным [4], при обжиге глины в интервале температур 450...650 °С образуется одноводный каолинит, который обладает более высокой реакционной активностью к извести, чем метакаолинит.

В работе использовались глины Воробьевского, Камешкирского, Белинского, а также Иссинского месторождений. В табл. 1 приведены экспериментальные данные по определению предела прочности при сжатии известковых композитов с добавкой обожженных при различных температурах глин Пензенского региона после твердения в воздушно-сухих условиях в течение 28 суток. Готовились составы с водоизвестковым соотношением В/И, равным В/И = 1,4, при соотношении известь : песок = 1 : 4. В качестве вяжущего использовалась известь 2-го сорта с активностью 84 %.

Предварительные исследования показали, что наибольшее значение предела прочности при сжатии известковых композитов достигается при введении минеральной добавки, составляющей 10 % от массы извести.

Т а б л и ц а 1

Влияние температуры обжига на значение предела прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа

Месторождение глины	Без добавки	С добавкой глины без обжига	Температура обжига глины, °С				
			400	450	500	550	600
Воробьевское	0,84	0,95	1,28	1,67	1,55	1,52	1,5
Белинское		1,31	1,62	1,71	2,2	1,98	1,78
Камешкирское		1,22	1,75	1,70	1,69	1,63	1,58
Иссинское		0,95	1,45	1,57	1,68	1,64	1,58

Экспериментальные данные (см. табл. 1) показывают, что введение в состав обожженной глины способствует повышению прочности при сжатии в возрасте 28 суток воздушно-сухого твердения в 2—2,6 раза, в зависимости от температуры обжига и вида глины. Наибольший предел прочности при сжатии в возрасте 28 суток твердения достигается при введении Камешкирской глины в состав добавки, обожженной при температуре 400 °С, и составляет $R_{сж} = 1,75$ МПа, в то время как у состава без добавки — 0,84 МПа. При введении Воробьевской глины, обожженной при температуре 450 °С, прочность повышается до 1,67 МПа. Введение Белинской и Иссинской глин после обжига при температуре 500 °С способствуют повышению прочности составов до 2,2 и 1,68 МПа соответственно.

Проведенные нами исследования показали, что глины, обожженные при температуре 400...500 °С, обладают более высокой активностью, что способствует увеличению количества связанной извести в известковом композите [5].

В подтверждение вышесказанному был проведен рентгенографический анализ известково-песчаных образцов с добавлением глины Воробьевского месторождения после обжига при температурах 500 и 600 °С (рис. 1, 2).

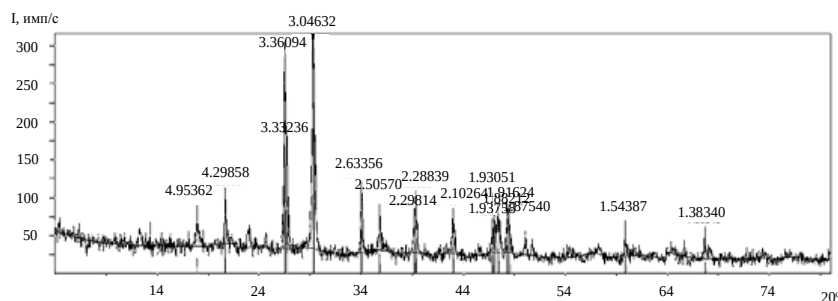


Рис. 1. Рентгенограмма известково-песчаного состава без добавки

При анализе рентгенограммы известково-песчаного состава без минеральной добавки, приведенной на рис. 1, идентифицированы следующие соединения: кварц (4,2986 Å; 3,3609 Å; 3,3324 Å; 2,2884 Å; 1,5439 Å), портландит (4,9536 Å; 1,9376 Å; 1,9305 Å), кальцит (3,0463 Å; 2,2981 Å; 2,1026 Å; 1,9162 Å; 1,8821 Å; 1,8754 Å), а также цеолиты (2,6336 Å; 2,5057 Å; 1,3834 Å).

На рентгенограмме известково-песчаных образцов с применением глины, обожженной при температуре 600 °С, помимо перечисленных выше соединений, дополнительно идентифицируются линии, относящиеся к гидроалюмосиликатам кальция $\text{Ca}_6\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{48} \cdot 28\text{H}_2\text{O}$ (7,1073 Å; 2,6168 Å; 2,4943 Å; 2,4520 Å) (рис. 2, а).

Анализ рентгенограммы известково-песчаного образца с добавкой 20 % глины, обожженной при температуре 500 °С, приведенной на рис. 2, б, свидетельствует о большом содержании гидроалюмосиликатов кальция $\text{Ca}_6\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 28\text{H}_2\text{O}$. Интенсивность линий (2,6120 Å; 2,4843 Å; 2,0932 Å; 2,0842 Å), относящихся к цеолитам, выше. Большее содержание цеолитов в структуре образца с глиной, обожженной при температуре 500 °С, обеспечивает большую прочность образцов.

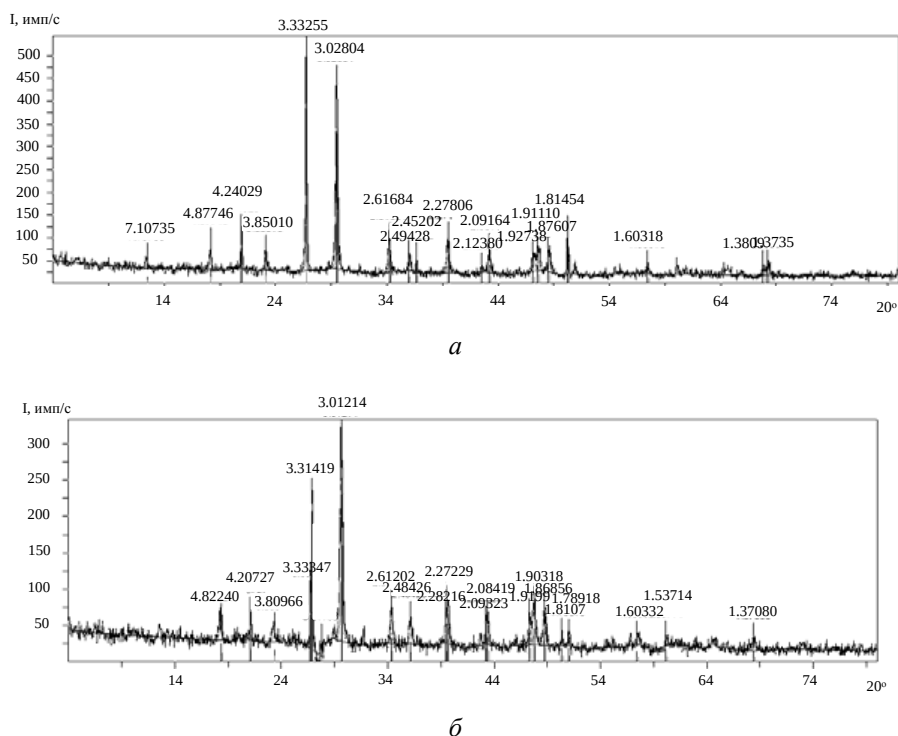


Рис. 2. Рентгенограмма известково-песчаного состава с содержанием глины 20 % от массы извести: *а* — глина обожжена при температуре 600 °С; *б* — глина обожжена при температуре 500 °С

Дополнительно были проведены исследования по оценке кинетики твердения образцов с добавлением минеральных добавок, способствующих наибольшему увеличению прочности (1,68...2,20 МПа), и с введением глины после обжига при температуре 600 °С.

На рис. 3 приведены кривые кинетики набора прочности известковых составов по результатам аппроксимации опытных данных прочности при сжатии исследуемых образцов. Аппроксимация данных производилась с помощью программы CurveExpert 1.3. Точками на рисунках обозначены экспериментальные значения предела прочности при сжатии известковых образцов. Исходя из результатов аппроксимационных и экспериментальных исследований, следует, что глины после обжига при температурах 400...500 °С (кривая 2) способствуют более интенсивному структурообразованию известково-песчаных образцов, чем глины, обожженные при температуре 600 °С (кривая 1).

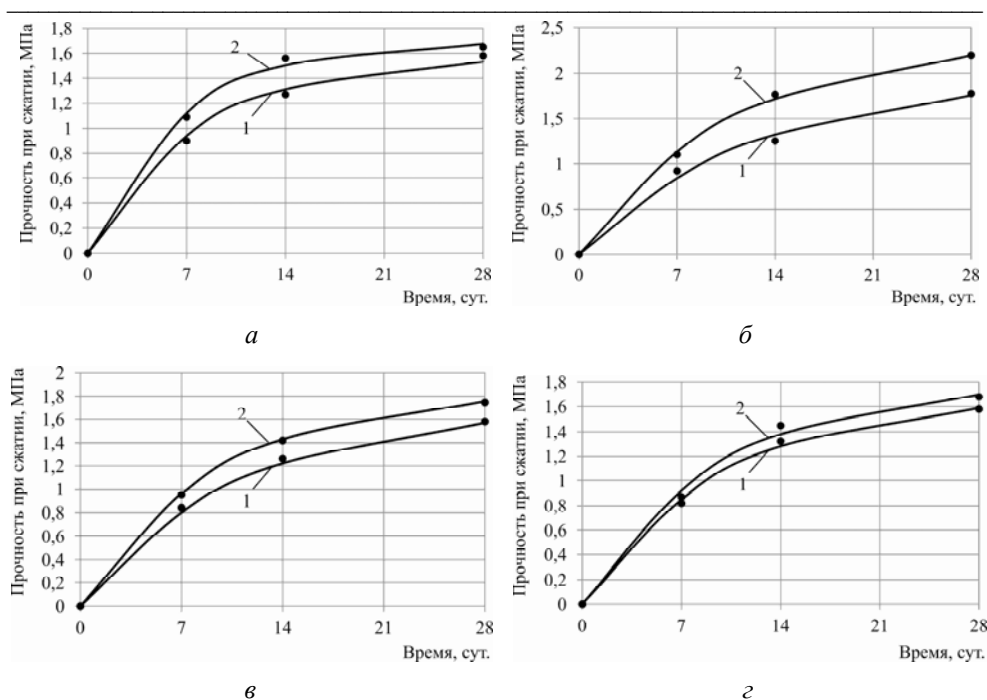


Рис. 3. Кинетика набора прочности известково-песчаных составов с добавлением глины месторождения: а — Воробьевское; б — Белинское; в — Камешкирское; г — Иссинское: 1 — после обжига при $t = 600\text{ °C}$; 2 — после обжига при $t = 500\text{ °C}$

Кривые, представленные на рис. 3, описываются экспоненциальным уравнением:

$$y = a(1 - e^{-bx}),$$

где a — константа, учитывающая максимально-возможную прочность при сжатии в возрасте 28 суток твердения; b — константа скорости структурообразования; x — время твердения.

Значение константы скорости структурообразования приведено в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Значения констант уравнения кинетики набора прочности

Месторождение глины	Температура обжига глины, °C	a , МПа	b , МПа/сут.
Воробьевское	450	1,698	0,156
	600	1,567	0,131
Белинское	500	2,386	0,092
	600	1,969	0,080
Камешкирское	400	1,856	0,105
	600	1,714	0,090
Иссинское	500	1,808	0,103
	600	1,699	0,100

Анализ результатов расчета свидетельствует, что при низкотемпературном обжиге значение константы скорости структурообразования выше. Так, константа скорости структурообразования b для известковых составов

с добавлением Воробьевской глины после обжига при 600 °С составила 0,131 МПа/сут в то время как для составов с глиной, обожженной при 450 °С — 0,156 МПа/сут. Аналогичная закономерность наблюдается и с введением минеральных добавок на основе Белинской, Камешкирской и Иссинской глин.

С применением предлагаемых минеральных добавок разработаны составы сухих смесей, содержащие известь-пушонку, кварцевый песок, минеральную и органоминеральную добавки, суперпластификатор С-3 и редиспергируемый порошок Mowilith Pulver DM 1142 P [5]. В табл. 3 приведены свойства покрытий на основе предлагаемых ССС.

Т а б л и ц а 3

Технологические и эксплуатационные свойства отделочных составов

Наименование показателя	Величина показателя отделочных составов
Средняя плотность ССС $\rho_{\text{ср}}$, кг/м ³	1290...1304
Жизнеспособность при хранении в открытых емкостях, ч	8...10
Удобоукладываемость	хорошая
Рекомендуемая толщина одного слоя, мм	до 20
Расход отделочного состава при нанесении в один слой толщиной 0,5 мм, кг/м ²	8,5...9
Расход отделочного состава при нанесении в один слой толщиной 10 мм, кг/м ²	17...18
Водоудерживающая способность, %	98,0...98,3
Время высыхания при 20 °С до степени «5», мин	не более 55
Адгезионная прочность $R_{\text{адг}}$, МПа	0,60...0,76
Прочность при сжатии $R_{\text{сж}}$, МПа	2,52...3,71
Коэффициент паропроницаемости μ , мг/м·ч·Па	0,055...0,058
Наличие трещин вследствие усадки	нет
Температура применения, °С	5...35

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Садыков Р. К., Сенаторов П. П., Рахимов Р. З. Минерально-производственный комплекс Пензенской области. Казань : Изд-во Казанск. ун-та, 2002. 128 с.
2. Логанина В. И., Петухова Н. А., Акжигитова Э. Р. Разработка органоминеральной добавки для сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2011. № 3. С. 8—12.
3. Логанина В. И., Фадеева Г. Д., Акжигитова Э. Р. Сухие строительные смеси с применением местных материалов Пензенского региона // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 8. С. 37—41.
4. Шумков А. И. Бесклинкерное известково-алюмосиликатное гидравлическое вяжущее естественного твердения // Сухие строительные смеси. 2011. № 3. С. 20—21.
5. Экспресс-метод определения активности кремнеземного сырья для получения гранулированного наноструктурирующего заполнителя / В. В. Строкова, И. В. Жерновский, А. В. Максаков, Л. Н. Соловьева, Ю. Н. Огурцова // Строительные материалы. 2013. № 1. С. 38—39.
1. Sadykov R. K., Senatorov P. P., Rakhimov R. Z. Mineral'no-proizvodstvennyy kompleks Penzenskoy oblasti. Kazan' : Izd-vo Kazansk. un-ta, 2002. 128 s.
2. Loganina V. I., Petukhova N. A., Akzhigitova E. R. Razrabotka organanomineral'noy dobavki dlya sukhikh stroitel'nykh smesey // Vestnik BGTU im. V. G. Shukhova. 2011. № 3. S. 8—12.

3. *Loganina V. I., Fadeeva G. D., Akzhigitova E. R. Sukhie stroitel'nye smesi s primeneniem mestnykh materialov Penzenskogo regiona // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal. 2012. № 8. S. 37—41.*
4. *Shumkov A. I. Besklinkernoe izvestkovo-alyumosilikatnoe gidravlichesкое vyazhushchee estestvennogo tverdeniya // Sukhie stroitel'nye smesi. 2011. № 3. S. 20—21.*
5. *Ekspress-metod opredeleniya aktivnosti kremnezemnogo syr'ya dlya polucheniya granulirovannogo nanostrukturiruyushchego zapolnitelya / V. V. Stokova, I. V. Zhemovskiy, A. V. Maksakov, L. N. Solov'eva, Yu. N. Ogurtsova // Stroitel'nye materialy. 2013. № 1. С. 38—39.*

© Логанина В. И., Тарасов Р. В., Акжигитова Э. Р., 2013

*Поступила в редакцию
в июне 2013 г.*

Ссылка для цитирования:

*Логанина В. И., Тарасов Р. В., Акжигитова Э. Р. Сухие строительные смеси с применением низко-
обжиговых минеральных добавок // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013.
Вып. 33(52). С. 78—83.*

УДК 666.972

А. А. Потапов, Т. К. Акчурин

**ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНЫЕ НАПОЛНЕННЫЕ САМОНИВЕЛИРУЮЩИЕСЯ
КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ПОКРЫТИЙ ПОЛОВ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ**

Рассмотрены вопросы получения полимерцементных самонивелирующихся композиций для устройства покрытий полов промышленных зданий с использованием в качестве наполнителя отвальных сталеплавильных шлаков.

К л ю ч е в ы е с л о в а: отвальные сталеплавильные шлаки, полимерные добавки, прочность, долговечность.

Issues of receiving polymer-cement self-leveling compositions for floor coverings of industrial buildings with the use dump steelmaking slags as filler are considered in the article.

Key words: dump steelmaking slag, polymeric additives, strength, durability.

Как показывает практика, одна из главных проблем в отделке промышленных и гражданских зданий — полы. Именно на них приходится разнообразная нагрузка: движение большого количества людей; езда автотранспорта; агрессивные воздействия и т. д. Широкое применение нашли самонивелирующиеся полы на основе цементных бетонов и растворов, главным недостатком которых является растрескивание и отслаивание поверхностного слоя и, как следствие, повышенное пыление.

Более технологичными для устройства покрытий полов промышленных зданий являются полимерцементные самонивелирующиеся композиции, которые должны обладать:

- высокой подвижностью (растекаемостью);
- пределом прочности при сжатии не менее 20 МПа (в возрасте 28 суток);
- повышенной трещиностойкостью;
- низкой истираемостью;
- твердостью;
- беспыльностью;
- водостойкостью;
- химической стойкостью.

В зависимости от содержания полимера в цементной матрице весь спектр полимерцементных материалов можно разделить на три группы:

- 1) материалы с преимущественно минеральной структурой;
- 2) промежуточный тип материалов;
- 3) материалы с преимущественно полимерной структурой.

Для полимерцементных самонивелирующихся композиций первостепенное значение имеют материалы первой группы, так как они обеспечивают надежность покрытий, поскольку полимерная часть защищена цементным каркасом, теплостойкость, огнестойкость, экономичность.

Повышение эффективности самонивелирующихся покрытий полов достигается за счет введения минеральных наполнителей и полимерных модифицирующих добавок полифункционального действия.

При разработке составов самонивелирующихся покрытий полов следует выбрать:

вяжущее, которое обеспечит быстрый рост прочностных характеристик, малую усадку при твердении, совместимость с полимерной составляющей;

полимерную добавку, которая обеспечит высокие адгезионные и когезионные свойства;

заполнитель.

Вяжущее получается путем совместного помола портландцементного клинкера, физико-механические свойства и химико-минералогический состав которого приведены в табл. 1 и 2, с минеральным наполнителем — отвальным сталеплавильным шлаком — до удельной поверхности цемента, т. е. 3000...3500 см²/г.

Таблица 1

Физико-механические свойства клинкера (ТУ 5739-001-00281223-05)

Показатель	Ед. изм.	Значение
Предел прочности при сжатии в возрасте 28 суток	МПа	51,8
Предел прочности при сжатии в возрасте 3 суток	МПа	29,0
Нормальная густота цементного теста	%	25,25
Равномерность изменения объема	мм	2,0

Таблица 2

Химико-минералогический состав клинкера (% по массе)

Химико-минералогический состав	Ед. изм.	Значение
Оксид магния	%	1,02
Оксид кальция свободный		0,21
Ангидрид серной кислоты		0,18
Сумма оксидов щелочей		0,98
Трехкальциевый силикат		65,3
Двухкальциевый силикат		12,2
Трехкальциевый алюминат		5,7
Четырехкальциевый алюмоферрит		14,2

В настоящее время по ряду причин отвалы шлаки металлургических предприятий не нашли широкого применения при производстве вяжущих веществ. Трудности их использования в вяжущих состоят в значительных колебаниях химического состава от ультракислых с $M_0 = 0,1$ (ваграночные) до ультраосновных с $M_0 = 4,0$ (вторичные мартеновские).

Отвальный металлургический шлак образуется в результате медленного охлаждения слитого в отвал шлакового расплава и представляет собой кусковой материал, содержащий посторонние примеси и продукты самораспада. Из-за высокой их основности они практически полностью кристаллизуются и, как правило, почти не содержат стекла.

Фазовый состав сталеплавильных шлаков более сложен, чем доменных, и насчитывает более 45 минералов. Его можно описать 12-компонентной диаграммой состояния: $\text{CaO} - \text{MgO} - \text{FeO} - \text{MnO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{TiO}_2 - \text{CaF}_2 - \text{CaC}_2 - \text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$.

Главными минералами отвалных сталеплавильных шлаков являются двухкальциевый силикат (α и β -модификаций), мервинит, ферриты и алюмоферриты кальция, монтчеллит, шпинель, CS , C_3S и др. Почти все минералы передельных шлаков черной металлургии за исключением β - $2CaOSiO_2$ и алюминатов кальция, при обычных температурах не взаимодействуют с водой [1].

При постановке и проведении исследований использовался отвалный сталеплавильный шлак завода «Красный Октябрь», отобранный путем усреднения состава квартованием из экскаваторного ковша. Химический состав шлака приведен в табл. 3.

Таблица 3

*Химический состав отвалного сталеплавильного шлака
завода «Красный Октябрь» (% по массе)*

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MqO	K_2O	Na_2O	MnO	P_2O_5	SO_3
20,61	4,79	2,18	15,31	37,56	10,56	0,12	0,22	5,08	2,93	0,46

При проведении физико-механических испытаний руководствовались ГОСТ 310.3, ГОСТ 310.4, ГОСТ 310.2, ГОСТ 10060, ГОСТ 8269.0, ГОСТ 3344 и др., рядом новых методов, получивших официальное признание, а также нестандартными методиками.

Составы и результаты физико-механических испытаний композиционных вяжущих на основе портландцементного клинкера и сталеплавильного шлака представлены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Составы композиционных вяжущих

№ состава	Состав композиционного вяжущего, %		Водо-вяжущее отношение
	Клинкер	Шлак	
1	100	—	0,34
2	90	10	0,34
3	80	20	0,33
4	70	30	0,33
5	60	40	0,32
6	50	50	0,31

Таблица 5

Результаты физико-механических испытаний композиционных вяжущих

№ состава	Средняя плотность, $кг/м^3$	Прочность, МПа	
		при изгибе	при сжатии
1	2360	4,5	49,5
2	2230	3,7	41,0
3	2410	3,5	32,7
4	2415	4,1	32,1
5	2425	3,1	26,8
6	2440	2,7	14,9

Проведенные исследования показали, что с увеличением доли шлака в композиционном вяжущем снижается водопотребность и прочность бетонной смеси, но повышается плотность. Судя по полученным результатам, оптимальным в композиционном вяжущем является содержание шлака 30 %. Такое количество позволяет получать вяжущее марки 300 и экономить 30 % клинкерной составляющей [2, 3].

При выборе полимерной составляющей сравнительный анализ данных показал, что удовлетворительной агрегативной стойкостью в цементных растворах обладает только водная дисперсия ВДВХМк-65Е-ВДК. Введение остальных латексов в цементные растворы приводит к их коагуляции. Поэтому в исследованиях использовался латекс ВДВХМк-65Е-ВДК.

Эффективность применения латекса ВДВХМк-65Е-ВДК оценивалась в соответствии с требованиями ГОСТ 30459—2003 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Методы определения эффективности».

Вяжущее смешивали с заполнителем и вместе с водой затворения вводили латекс ВДВХМк-65Е-ВДК. Частицы растворенного в воде затворения полимера коагулируют с образованием слоя полимерных частиц на поверхности цементного геля, образуя непрерывные пленки. Полимерная фаза проникает через фазу продуктов гидратации цемента, образуя матричную фазу модифицированного латексом раствора и бетона (рис. 1).

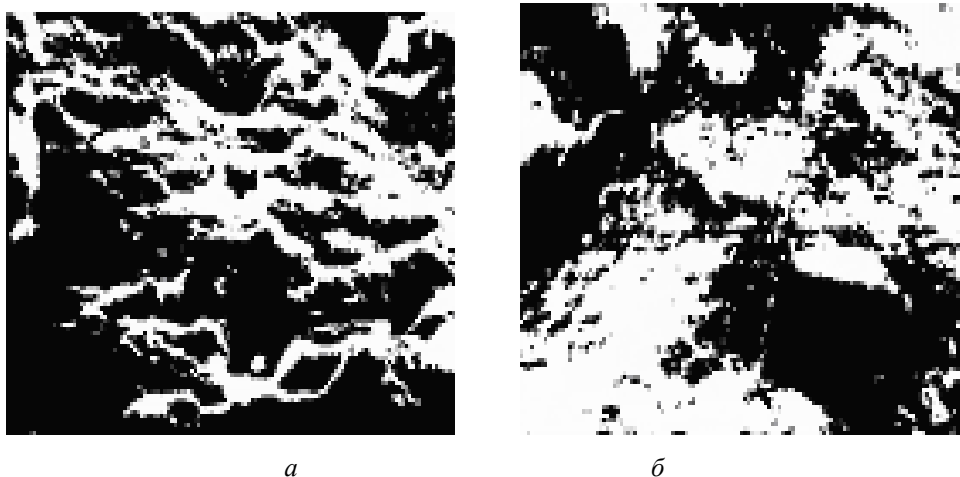


Рис. 1. Микроструктура модифицированного латексом ВДВХМк-65Е-ВДК цементного камня (П/Ц = 0,1), твердевшего 28 суток в воздушных условиях: *а* — увеличение в 500 раз; *б* — увеличение в 1000 раз

Рентгеноструктурный анализ подтвердил, что, покрывая поверхность цемента плотной пленкой, латекс ВДВХМк-65Е-ВДК не вступает с ним в химическое взаимодействие. Снижая степень гидратации цементного камня, латекс не влияет на его фазовый состав, который остается аналогичным контрольному (рис. 2).

В табл. 6 представлены данные по определению времени формирования структуры портландцементных смесей с полимерсодержащей добавкой.

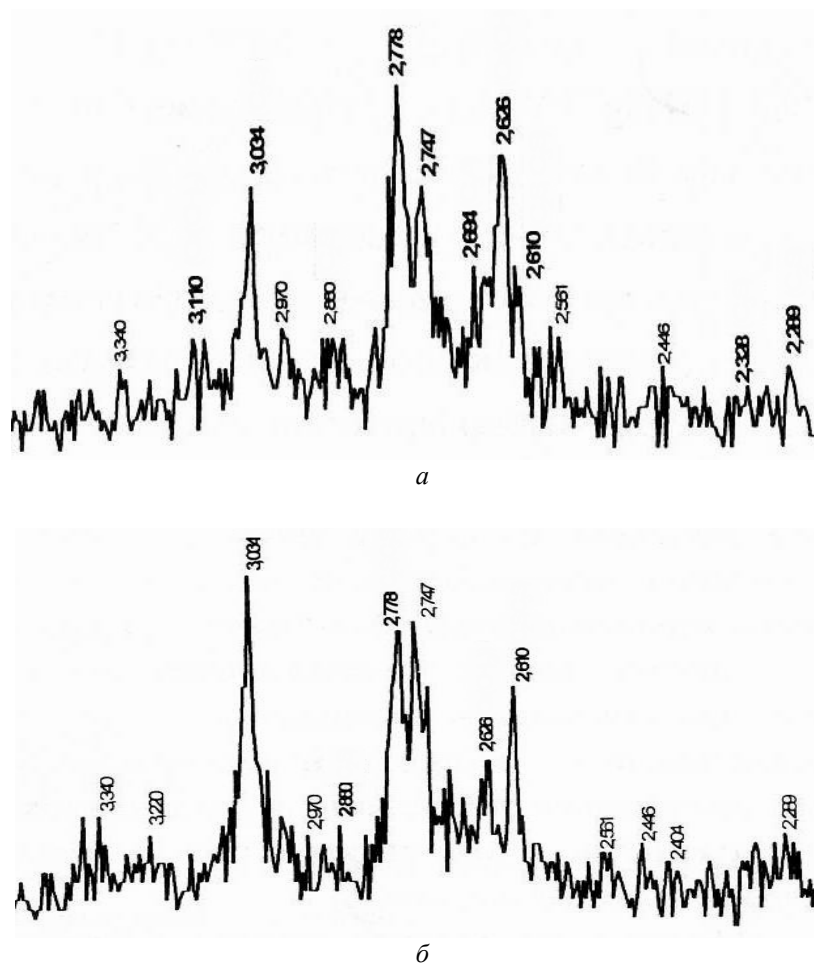


Рис. 2. Рентгенограмма: *а* — цементного камня; *б* — цементного камня, модифицированного латексом ВДВХМк-65Е-ВДК (П/Ц = 0,1)

Из данных, представленных в табл. 6, видно, что полимерные добавки замедляют процесс формирования структуры композиций.

Таблица 6

Сроки схватывания полимерцементного вяжущего

Содержание полимерной добавки, %	Сроки схватывания, мин	
	Начало	Конец
0	130	340
5	220	400
10	240	430
15	250	450
20	280	480

Процесс формирования структуры полимерцементных смесей оценивался по изменению скорости ультразвука с помощью прибора «Бетон-12». Результаты представлены на рис. 3.

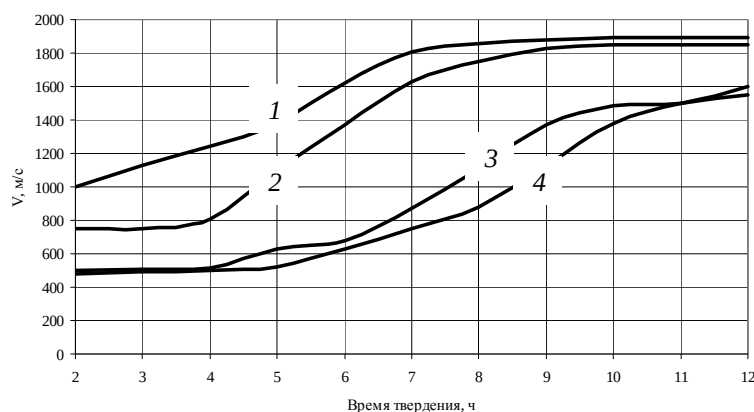


Рис. 3. Изменение скорости ультразвука в полимерцементных смесях от времени твердения: 1 — П/Ц = 0; 2 — П/Ц = 0,1; 3 — П/Ц = 0,15; 4 — П/Ц = 0,2

В табл. 7 представлены результаты испытания полимерцементных композиций в возрасте 28 суток на прочность и деформативность.

Таблица 7

Прочностные характеристики полимерцементных композиций

Состав полимерцементных композиций		Показатели				
Соотношение вяжущего и песка	П/Ц	Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при сдвиге, МПа	Модуль упругости, МПа·10 ⁴	Предельная растяжимость, ε·10 ⁻³
1 : 2	0	26,9	3,2	9,8	1,8	1,9
	0,05	30,1	5,1	15,1	1,7	2,5
	0,1	32,4	5,5	15,6	1,68	3,1
	0,2	32,8	6,1	16,2	1,63	3,5

Анализ полученных данных показывает, что полимерная добавка способствует повышению прочности при растяжении. Кроме того, разработанные составы имеют высокую адгезионную прочность при сдвиге, превышающую аналогичный показатель цементных бетонов.

Влияние небольших количеств модификатора на свойства материала объясняется структурными особенностями полимерцементных материалов. Полимерное связующее образует упругие прослойки между кристаллическими новообразованиями минерального вяжущего, адсорбируется на поверхности частиц заполнителя и благодаря высоким адгезионным свойствам повышает прочность и деформативность материала при растяжении и изгибе.

Степень сопротивления цементного бетона истиранию является важным показателем эксплуатационных характеристик материалов, используемых для покрытия пола.

Как показали проведенные исследования (рис. 4), полимерцементные бетоны отличаются от обычных бетонов высокой износостойкостью.

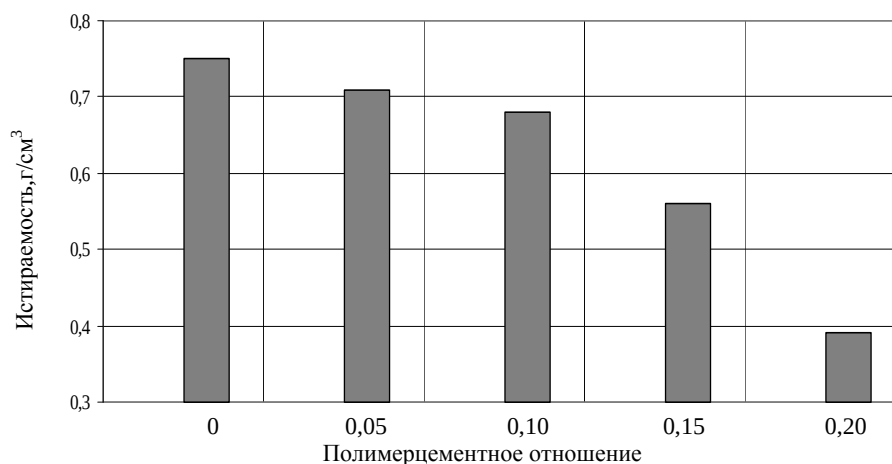


Рис. 4. Влияние количества полимерсодержащей добавки на истираемость полимерцементных композиций

Введение в состав полимерцементных композиций полимерсодержащей добавки способствует снижению истираемости почти в два раза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Использование сырьевых ресурсов Волгоградской области в технологии строительных материалов / Т. К. Акчурин и др. ВолгГАСА : Волгоград, 1999.
2. *Потапов А. А., Акчурин Т. К.* Возможность использования отвальных металлургических шлаков при получении шлакощелочных вяжущих веществ // Социально-экономические и технологические проблемы развития строительного комплекса региона. Наука. Практика. Образование : материалы IV Рос. науч.-техн. конф. с междунар. участием. Волгоград : ВолгГАСУ, 2011. С. 8—11.
3. *Акчурин Т. К., Потапов А. А.* Полимерцементные самонивелирующие композиции на основе техногенных отходов // Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов : материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. Волгоград : ВолгГАСУ, 2011. 384 с.
1. Ispol'zovanie syr'evykh resursov Volgogradskoy oblasti v tekhnologii stroitel'nykh materialov / T. K. Akchurin i dr. VolgGASA : Volgograd, 1999.
2. *Potapov A. A., Akchurin T. K.* Vozmozhnost' ispol'zovaniya otval'nykh metallurgicheskikh shlakov pri poluchenii shlakoshchelochnykh vyazhushchikh veshchestv // Sotsial'no-ekonomicheskie i tekhnologicheskie problemy razvitiya stroitel'nogo kompleksa regiona. Nauka. Praktika. Obrazovanie : materialy IV Ros. nauch.-tekhn. konf. s mezhdunar. uchastiem. Volgograd : VolgGASU, 2011. S. 8—11.
3. *Akchurin T. K., Potapov A. A.* Polimertsementnye samoniveliruyushchiesya kompozitsii na osnove tekhnogennykh otkhodov // Nadezhnost' i dolgovechnost' stroitel'nykh materialov, konstruksiy i osnovaniy fundamentov : materialy VI Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Volgograd : VolgGASU, 2011. 384 s.

© *Потапов А. А., Акчурин Т. К., 2013*

*Поступила в редакцию
в июне 2013 г.*

Ссылка для цитирования:

Потапов А. А., Акчурин Т. К. Полимерцементные наполненные самонивелирующие композиции для устройства покрытий полов промышленных зданий // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 84—90.

УДК 691.32:666.972.16

В. Д. Тухарели, Т. К. Акчурин

ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ

Рассмотрена возможность использования техногенного органического сырья в технологии цементных бетонов в качестве минеральной добавки. Показано, что введение полимерных добавок не только обеспечивает ресурсосбережение и снижает экологическую нагрузку на окружающую среду, но и является одним из универсальных способов повышения прочностных характеристик цементных бетонов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: цементные бетоны, модифицирующие добавки, органическое техногенное сырье.

Possibility to use technogenic organic raw materials in cement concrete technology as mineral additive is considered. It is shown that appliance of polymeric additives not only provides efficient use of resources and reduces ecological load on the environment, but also is one of the universal ways to increase cement concrete strength.

К e y w o r d s: cement concrete, modifying additives, organic technogenic raw materials.

Один из путей увеличения долговечности строительных конструкций — повышение эксплуатационных свойств цементных бетонов. Данная задача может быть решена за счет разработки и оптимизации новых составов цементных композитов с улучшенными физико-механическими свойствами. Поэтому наибольший интерес, с позиций увеличения долговечности данного ряда конструкционных материалов, представляют цементные бетоны, модифицированные добавками, использование которых позволит получать материалы различного назначения с заданным комплексом свойств, обладающие повышенной прочностью и другими эффективными свойствами [1]. Активные минеральные добавки не только обеспечивают ресурсосбережение, но и существенно воздействуют на свойства бетона, повышая его эксплуатационные свойства, а также долговечность сооружений.

Применение техногенных отходов в производстве строительных материалов и изделий существенно расширяет сырьевую базу строительной отрасли и повышает эффективность капиталовложений. Промышленные отходы предприятий Волгоградской области являются сложными по составу соединениями, обладающими различными химическими и физическими свойствами. Большая их часть экспериментально проверена на кафедре строительных материалов и специальных технологий ВолгГАСУ на возможность использования для производства строительных композиционных материалов, а также в качестве добавок или составляющих, улучшающих основные свойства композитов [2].

Развитие строительной индустрии предусматривает значительное увеличение производства бетонных смесей с использованием новых эффективных добавок на основе техногенных отходов, в частности нефтехимического производства. В новом строительстве широко используются сложные композиционные материалы. К таким материалам относятся полимерцементные композиции.

Вязущее вещество таких композитов состоит из минеральной и органической части. Ввод органических полимерных добавок, даже в незначительном количестве, изменяет свойства готовых материалов. В связи с чем, в зависимости от процентного содержания добавки, вида полимера и целей модификации, возможно усиливать те или иные эксплуатационные характеристики полимерцементных композиций.

В настоящее время резко возрастает применение в строительстве различных вязущих материалов и бетонов с добавками мономеров и полимеров органических и кремнийорганических веществ. Содержание их в вязущих материалах может колебаться в больших пределах — от долей процента до 5 % и более. Полимеры могут вводиться в вязущие материалы при помоле последних (обычно до 1 %), а также в виде водных дисперсий и растворов, которые вводят в бетонные смеси при их приготовлении.

Полимерные связующие способны самопроизвольно или под действием различных факторов переходить из жидкого состояния в твердое, и как в жидком состоянии, так и после отверждения имеющие хорошую адгезию к другим материалам. В исходном состоянии они могут быть высокомолекулярными веществами, со средней молекулярной массой (в пределах 100...1000 М.м. — усреднение по массе макромолекул в полимере), — так называемыми олигомерами или низкомолекулярными мономерными веществами. Однако все они в процессе отверждения переходят в высокомолекулярные полимерные вещества. Основной вид полимерных связующих — синтетические полимеры, получаемые из низкомолекулярных продуктов (мономеров) полимеризацией или поликонденсацией [3].

В ходе работы в этом направлении были использованы отходы лакокрасочного производства (ОЛКП). При производстве лакокрасочных материалов в качестве возвратных отходов могут выступать как твердые, так и жидкие отходы. К первой группе относится пыль при загрузке сыпучего сырья в химические аппараты, химические продукты при зачистке оборудования, отработанные фильтровальные патроны, например, с остатками краски и твердых частиц, различная тара из-под сыпучего сырья. Ко второй группе отходов, относятся жидкие отходы в виде дисперсий, образующиеся при зачистке оборудования (1...5 %), содержащие остатки пленкообразующего вещества и твердых частиц. Следует сказать, что все перечисленные виды отходов при производстве лакокрасочных материалов, как правило, подлежат утилизации — вывозятся на мусоросжигательные заводы [4].

Данная работа посвящена улучшению качества цементных композиций с помощью модифицирующих органических добавок ОЛКП. Органические добавки ОЛКП способствуют повышению прочности, плотности, атмосферостойкости бетона за счет изменения его порового пространства — частично открытые поры становятся замкнутыми, благодаря образованию полимерных мембран, поверхность же другой части открытых пор покрывается полимерной пленкой, при этом бетон приобретает гидрофобные свойства.

Состав обычного тяжелого бетона принят следующий: портландцемент марки 500 ОАО «Себряковцемент» — 350 кг, природный песок с крупностью зерен до 0,63 мм, получаемый при разработке песчаного месторождения без использования специального обогащающего оборудования ООО «Волгоградский карьерный союз» (ρ_0 — 1454 кг/м³) — 750 кг, щебень гранитный

3...10 мм ОАО «Карьероуправление Венцы-Заря» Краснодарского края (ρ_0 — 1460 кг/м³) — 1150 кг, вода 175 л в том числе 20 % вододисперсионная органическая добавка техногенного сырья, содержащая низкомолекулярный акриловый мономер. Полимерную дисперсию добавляют к воде затворения, уменьшая ее количество на объем дисперсии, и на этом растворе готовят смесь с минеральным вяжущим.

Приготовление бетонной смеси, определение ее основных характеристик, формование образцов (кубов, призм) и изучение основных физико-механических свойств проводилось согласно методикам, указанным в ГОСТ 10180—90 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам» и ГОСТ 24452—80 «Бетоны. Методы испытаний».

Влияние количества добавки на изменение прочности цементного бетона с органической модифицирующей добавкой ОЛКП изучали на образцах-кубах размером 100 × 100 × 100 мм. Для этого готовили пять серий каждого вида образцов с полимерными добавками, которые составили 0,3; 0,5; 1; 2 и 5 % от массы вяжущего соответственно, а также одну серию контрольных образцов без добавки. Испытания образцов проводили в возрасте 30 суток.

Анализ полученных результатов показал (рис. 1), что прочность при сжатии бетонных образцов постепенно увеличивается на 8,5, 17 %, а затем падает до 12,3 % при концентрации модифицирующей добавки от 0,3...0,5 до 1 % от массы цементного вяжущего соответственно.

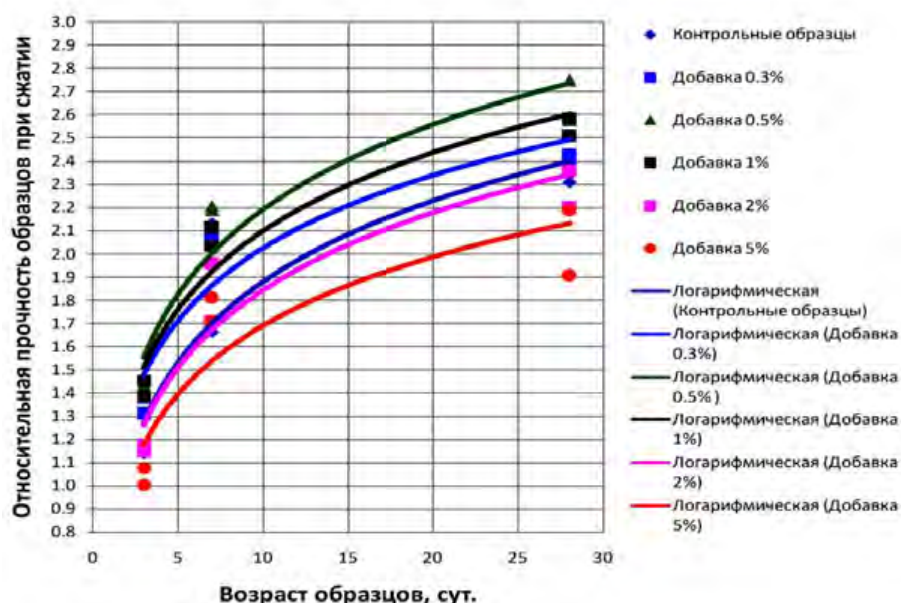


Рис. 1. Прочность бетонных образцов в зависимости от % содержания полимерной добавки при В/Ц = 0,44

Полученные данные подтверждают тот факт, что прочность бетонных смесей определяется прочностью коагуляционных связей, т. е. прочность цементного бетона проявляется через силу сцепления цементного камня с зернами заполнителей, позволяя оценить деформативность материала. Деформативные

свойства портландцементного камня зависят от степени гидратации вяжущего, так как при этом изменяется капиллярно-пористая структура материала, а также соотношение между продуктами гидратации и негидратированными частицами цементных зерен [5].

Полимерные связующие существенно отличаются от минеральных вяжущих — их адгезия к другим материалам (в частности, к заполнителям) значительно выше и они обладают большей пластичностью. Поэтому прочность бетонов с полимерными добавками при сжатии увеличивается по сравнению с контрольными образцами, прочность которых обусловлена предельным сжатием более хрупкого кристаллического сростка.

Цемент в бетонной смеси, затворенный водной дисперсией мономера, на первой стадии твердения удерживает (сорбирует) воду на своей поверхности и в процессе гидратации связывает ее. Связывание воды цементом из водной дисперсии приводит к выделению полимера в отвержденном состоянии в виде сплошных пленок. В результате в цементирующем веществе образуются две структурные фазы: первая — в виде поликристаллических сростков продуктов гидратации цемента; вторая — в виде пленок полимера между этими поликристаллическими сростками [4]. Поэтому не менее важным фактором, чем влияние количества добавки на прочностные характеристики бетона, является величина водоцементного отношения. Для сопоставимости результатов испытаний цементных бетонов с различным содержанием модифицирующей добавки и различным водоцементным отношением, результаты испытаний представлены (рис. 2) в относительных единицах прочности.

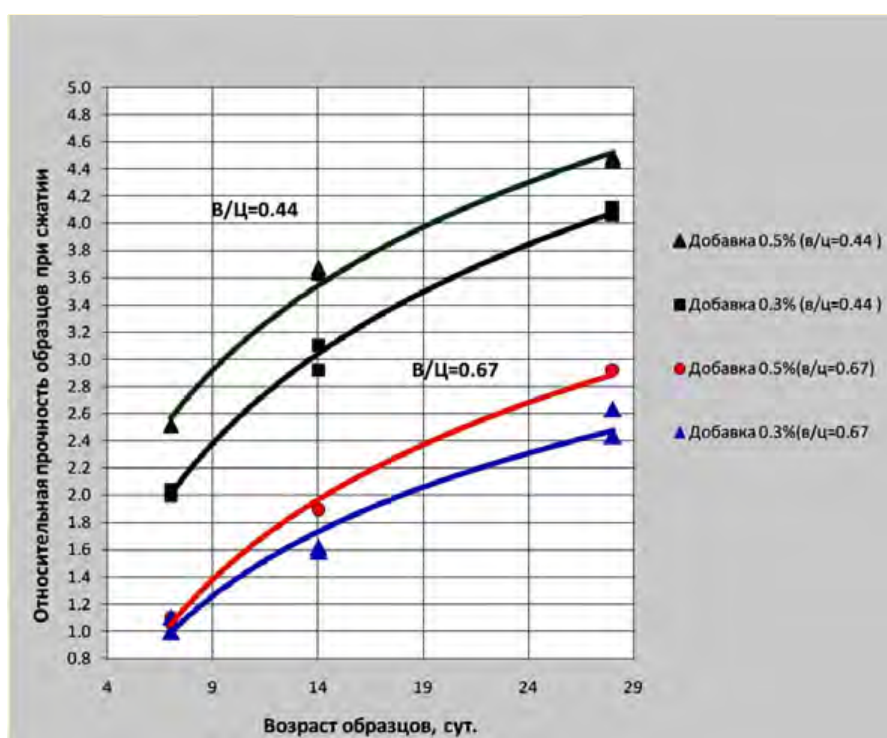


Рис. 2. Относительная прочность бетонных образцов при сжатии в зависимости от % содержания полимерной добавки и водоцементного отношения

Анализ полученных данных показал, что с увеличением водоцементного отношения с 0,44 до 0,67, прочность образцов уменьшается почти в два раза, в большей степени у образцов с меньшим количеством модифицирующей добавки в составе бетона.

Модифицированный бетон приобретает свойства, заимствованные у каждого компонента. С одной стороны, полимерные добавки, увеличивая предельную сжимаемость бетона, способствуют увеличению его прочности. С другой — большее содержание воды затворения в композиции препятствует цементирующим новообразованиям, возникающим при гидратации минерального вяжущего, и полимеру в отвержденном состоянии образовывать пространственную структурную матрицу, так как они в значительной мере разобщены. На этом основании можно сделать вывод, что адгезия полимерных связующих значительно выше, чем минеральных связующих, поэтому композит приобрел большие упруго-пластические свойства, что и послужило причиной значительного роста прочности материала.

Развитие строительной индустрии предусматривает значительное расширение производства растворов и бетонных смесей с использованием новых эффективных добавок на основе полимерных отходов, в частности нефтехимического производства. Активные минеральные добавки не только обеспечивают ресурсосбережение, но и существенно воздействуют на свойства композитов, повышая его эксплуатационные свойства, а также долговечность сооружений. Приведенное исследование показывает, что создание и применение новых модификаторов — один из реальных путей дальнейшего повышения эксплуатационных свойств строительных материалов и конструкций. А поскольку полимерные композиции включают значительную по массе часть отходов промышленности, их внедрение даст экономический эффект, позволит утилизировать многотоннажные отходы, улучшить экологическую обстановку Волгоградской области.

Выводы

Применение органической модифицирующей добавки ОЛКП уменьшает дефектность структуры цементного бетона, увеличивает адгезионные силы сцепления контактной зоны, что значительно улучшает его структурно-механические характеристики.

Более полное использование потенциала портландцемента, создание оптимальной микроструктуры цементного камня, уменьшение макропористости, упрочнение контактных зон цементного камня и заполнителя за счет направленного применения эффективных химических модификаторов позволит не только создать и освоить производство новых видов бетона, но и значительно расширить номенклатуру применяемых в строительстве материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тухарели В. Д., Акчурин А. К. Состояние и перспективы использования модифицирующих добавок в повышении эксплуатационных свойств цементных бетонов // Инженерные проблемы строительного материаловедения, геотехнического и дорожного строительства : материалы III Международной научно-технической конференции. 10—12 апреля 2012 г. Волгоград. Волгоград : ВолГАСУ, 2012. С. 179—183.
2. Тухарели В. Д., Чередищенко Т. Ф., Акчурин А. К. Технологии бетонов специального назначения с использованием техногенных отходов // Наука и образование: архитектура, градостроительство и строительство : материалы Международной конференции, посвященной 80-летию строительного образования и 40-летию архитектурного образования Волгоградской области. 6—10 сентября 2010 г. Волгоград. Волгоград : ВолГАСУ, 2010. С. 334—336.

3. Попов К. Н. Полимерные и полимерцементные бетоны, растворы и мастики. М. : Высш. шк., 1987. 72 с.

4. Тухарели В. Д., Акчуриной А. К. Улучшение качества цементных композиций при использовании модифицирующих добавок на основе техногенного органического сырья // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 31 (50). Ч. 2. Строительные науки. С. 193—198.

5. Шейкин А. Е., Чеховский Ю. В., Бруссер М. И. Структура и свойства цементных бетонов. М. : Стройиздат, 1979. 344 с.

1. Tukhareli V. D., Akchurin A. K. Sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya modifitsiruyushchikh dobavok v povyshenii ekspluatatsionnykh svoystv tsementnykh betonov // Inzhenernye problemy stroitel'nogo materialovedeniya, geotekhnicheskogo i dorozhnogo stroitel'stva : materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. 10—12 aprelya 2012 g. Volgograd. Volgograd : VolgGASU, 2012. S. 179—183.

2. Tukhareli V. D., Cherednichenko T. F., Akchurin A. K. Tekhnologii betonov spetsial'nogo naznacheniya s ispol'zovaniem tekhnogennykh otkhodov // Nauka i obrazovanie: arkhitektura, gradostroitel'stvo i stroitel'stvo : materialy Mezhdunarodnoy konferentsii, posvyashchennoy 80-letiyu stroitel'nogo obrazovaniya i 40-letiyu arkhitekturnogo obrazovaniya Volgogradskoy oblasti. 6—10 sentyabrya 2010 g. Volgograd. Volgograd : VolgGASU, 2010. S. 334—336.

3. Popov K. N. Polimernye i polimertsementnye betony, rastvory i mastiki. M. : Vyssh. shk., 1987. 72 s.

4. Tukhareli V. D., Akchurin A. K. Uluchshenie kachestva tsementnykh kompozitsiy pri ispol'zovanii modifitsiruyushchikh dobavok na osnove tekhnogennoy organicheskoy syr'ya // Vestnik Volgogr. gos. arkhit.-stroit. un-ta. Ser.: Str-vo i arkhit. 2013. Vyp. 31 (50). Ch. 2. Stroitel'nye nauki. S. 193—198.

5. Sheykin A. E., Chekhovskiy Yu. V., Brusser M. I. Struktura i svoystva tsementnykh betonov. M. : Stroyizdat, 1979. 344 s.

© Тухарели В. Д., Акчуриной Т. К., 2013

Поступила в редакцию
в июне 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Тухарели В. Д., Акчуриной Т. К. Применение органических добавок на основе отходов химического производства для повышения прочностных характеристик цементных бетонов // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 91—96.

УДК 666.972

Н. С. Хирис, Т. К. Акчурина

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ШЛАКОВОГО МИКРОНАПОЛНИТЕЛЯ НА ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ВЫСОКОНАПОЛНЕННОГО МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

Предлагается состав высоконаполненного мелкозернистого бетона с использованием в качестве микронаполнителя дисперсного порошка металлургического шлака. Введение в состав композиции суперпластификатора и внешнее механическое воздействие в виде вибрационного двухчастотного уплотнения позволяет получить образцы с улучшенными прочностными характеристиками. Создание плотной структуры дисперсной системы происходит за счет уменьшения расстояния между ее структурными элементами, большой удельной поверхности шлакового микронаполнителя. Эффект заполнения пустот является физическим фактором и наблюдается независимо от гидравлической активности дисперсного шлакового материала. Целесообразность и актуальность исследования подтверждена результатами эксперимента.

Ключевые слова: мелкозернистый бетон, микронаполнитель, металлургический шлак, структура бетона, двухчастотное уплотнение.

The composition of high-filled fine-grained concrete with the use as microfiller of disperse powder of metallurgical slag is offered. The appliance of superplasticizer in the composition structure and external mechanical influence in the form of vibration two-frequency consolidation allows receive samples with improved strength properties. The creation of dense structure of disperse system is carried out due to the decrease of the distance between its structural elements, large specific surface of slag microfiller. The effect of cavity filling is a physical factor and is observed irrespective of hydraulic activity of disperse slag material. Reasonability of the research is proved by the results of the experiment.

Key words: fine-grained concrete, microfiller, metallurgical slag, concrete structure, two-frequency consolidation.

Получение мелкозернистого бетона с повышенной плотностью и прочностью достигается за счет увеличения активности вяжущих веществ и совершенствования технологии изготовления бетона [1]. На сегодняшний момент применяют различные способы повышения активности цемента и качества бетонной смеси, такие как: домол и виброактивация цемента, виброперемешивание, применение суперпластификаторов, увеличение расхода цемента. В качестве микронаполнителя в основном используются молотый песок, зола, мука известняковая и т. п. Для такого мелкозернистого бетона характерны высокие однородность и пористость цементного камня, отсутствие жесткого скелета, повышенная удельная поверхность в твердой фазе. Структура наполненного мелкозернистого бетона обуславливает определенные особенности свойственных ему характеристик.

Исследования состава и структуры металлургического шлака Волжского трубного завода, способов его измельчения до удельной поверхности $4800 \text{ см}^2/\text{г}$, повышение прочностных характеристик мелкозернистого бетона при его наполнении измельченным шлаком позволяет считать перспективным направление разработки высоконаполненных мелкозернистых бетонов (ВНМЗБ) с использованием шлаковых микронаполнителей металлургических предприятий региона [1].

С экономической и с экологической точки зрения выпуск ВНМЗБ с достаточно высоким содержанием шлака выгодно. Вяжущее с содержанием шлакового микронаполнителя до 50 % по стоимости существенно ниже существующих аналогов с песчаным микронаполнителем. Одновременно использование шлаковых отходов позволяет улучшить экологическую ситуацию региона.

Свойства ВНМЗБ характеризуются теми же факторами, как и обычного бетона. Но отсутствие крупного заполнителя влечет за собой увеличение водопотребности бетонной смеси, а для получения равнопрочного бетона и равноподвижной мелкозернистой смеси возрастает расход цемента. Для предотвращения вышеперечисленных факторов нами применялись добавка суперпластификатора С-3. Для создания плотной структуры дисперсной системы ВНМЗБ, изменения расстояния между ее структурными элементами использовалось внешнее механическое воздействие в виде полочастотного уплотнения. Вибрационная установка производит двухчастотное уплотнение с пригрузом: верхнее — 9000 кол./мин, нижнее — 3000 кол./мин. Уплотнение структуры ВНМЗБ происходит за счет сближения структурных элементов различного размера (измельченный шлак, кварцевый песок, частицы вяжущего) и доведения их до минимальных значений.

Важнейшими факторами, влияющими на прочность вяжущего и мелкозернистого бетона в целом, являются дисперсность и содержание шлакового компонента в вяжущем. Введение шлакового микронаполнителя требуемой дисперсности и пусть незначительной активности позволяет сэкономить до 60 % и более цемента без ущерба для механических свойств изделий с одновременным повышением стойкости и других эксплуатационных свойств. Хотя активность металлургического шлака незначительна, полностью исключать и пренебрегать ею нельзя.

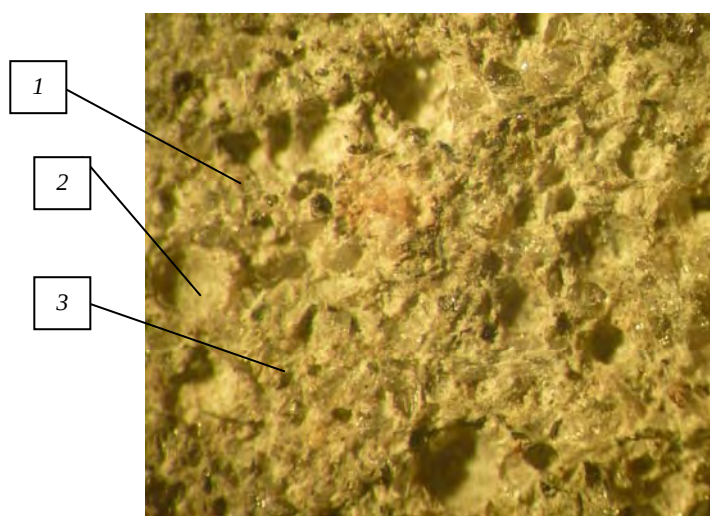
Образцы для испытаний изготавливались, исходя из традиционно рекомендуемого соотношения цемента (Ц) и микронаполнителя (ШМН) 1:1, В/Ц 0,44. В качестве наполнителя использовался разнофракционный кварцевый песок M_k 1,0...2,0. Вибрационное уплотнение дисперсной системы ВНМЗБ проводилось в течение 10 с. При двухчастотном режиме вибрационного уплотнения была получена прочность ВНМЗБ при сжатии (кубиковая, 28 сут) — 117 МПа, средняя плотность — 2345 кг/м³. Прочность при изгибе (28 сут) составила 7,0 МПа. Величина прироста прочностных характеристик ВНМЗБ в возрасте от 28 до 180 суток составила: для прочности на сжатие — 15 %; при изгибе — 20 %. Увеличение прочности в поздние сроки твердения связано с процессами дальнейшей гидратации цемента и уплотнения структуры ВНМЗБ.

Мелкий кварцевый заполнитель и шлаковый микронаполнитель в составе дисперсной системы ВНМЗБ за счет большой удельной поверхности ШМН оказывают на бетонную смесь комплексное воздействие. Помимо контактов «цементное тесто — наполнитель» появляются контакты «микронаполнитель — вяжущее», прочность которых значительно зависит от физико-химического взаимодействия минералов, входящих в состав наполнителей и частиц вяжущего. При этом шлаковый микронаполнитель представляет собой дисперсные частицы произвольной формы, размер которых не создает на окружающем матричном материале собственных полей деформаций и напря-

жений, что позволяет им участвовать в организации структуры вяжущего. Отсюда можно проследить более глубокое воздействие на структурообразование ВНМЗБ именно шлакового микронаполнителя и мелких фракций кварцевого песка [2].

Управлять процессом структурообразования высоконаполненных мелкозернистых бетонов на макроуровне возможно за счет использования полиминеральных, полигенетически техногенных механогенных песков; на микроуровне — путем введения микронаполнителей как непосредственно в процессе приготовления бетонных смесей, так и в состав композиционного вяжущего.

Микроскопические исследования структуры образцов высоконаполненного мелкозернистого бетона при соотношении вяжущего и ШМН 1 : 1 проведены методами количественной металлографии на оптических микроскопах марки МБС-9, МБС-10 (рис.).



Микроструктура высоконаполненного мелкозернистого бетона (Ц : ШМН — 1 : 1): 1 — кварцевый наполнитель; 2 — поровое пространство; 3 — цементный камень

Структура образца дисперсноупрочненная. Характер распределения компонентов, изменения размера и формы поровых пространств позволяют сделать вывод о наличии реакционных связей между компонентами дисперсной системы ВНМЗБ, что в конечном итоге привело к изменению физико-механических показателей, в частности, к повышению прочностных характеристик бетонной композиции. Микроструктура ВНМЗБ представлена на рис. равномерно расположенными зернами кварцевого наполнителя, между которыми видны плотные структуры цементного камня, наполненного шлаковым микронаполнителем. Качество цементного камня характеризуется его поровой структурой. Общая пористость микронаполненных образцов снизилась в сравнении с контрольным на 10 %. Поровое пространство представлено в основном технологическими порами, размер которых находится в пределах от 20 до 800 мкм.

Микронаполняющий эффект проявляется при увеличении объемной концентрации тонкодисперсного ШМН и приводит к снижению пористости цементного камня в бетоне. Микронаполнитель вводился по объему взамен

части цемента, вся вводимая добавка пошла на увеличение содержания дисперсных частиц в смеси. Эффект заполнения пустот является физическим фактором и наблюдается независимо от гидравлической активности дисперсного шлакового материала, однако увеличение дозировки сверх объема указанных пор в зависимости от гидравлической активности может привести к противоположным результатам. При повышенном объемном содержании шлакового микронаполнителя эффект заполнения пустот и уплотнения структуры не может компенсировать негативного воздействия микронаполнителя на контакты срастания, поэтому прочность может снижаться. В основе «эффекта микронаполнителя» лежит свойство частиц тонкодисперсных наполнителей выполнять роль центров кристаллизации, т. е. ускорять начальную стадию химического твердения бетона [3].

Теоретические предпосылки снижения усадки и ползучести мелкозернистых бетонов базируются на представлениях о неполной гидратации клинкерных минералов, длительной сохранности в цементном камне оставшихся ядер цементных зерен, играющих роль наполнителей цементной матрицы, и создания высокоплотной упаковки наполнителя. Поэтому возможно заменять клинкерные минералы минеральными компонентами, обеспечивая при этом условия более глубокой гидратации цемента при увеличении дисперсности новообразований. Наполнение цементной матрицы и внедрение композиционных вяжущих с позиции топологии зернистой структуры и высокоплотной упаковки позволит снизить деформативность и ползучесть высоконаполненных мелкозернистых бетонов. За счет формирования новых центров кристаллизации, демпфирующей способности маложестких дисперсных компонентов, торможения процессов разрушения высокопрочных бетонов и образования в цементном камне замкнутых воздушных пор (см. рис.) достигается рост эксплуатационных характеристик изделий. Применительно к таким бетонам, кроме степени заполнения межзерновой пустотности, существенное значение имеет прочность цементного теста, обволакивающего и склеивающего зерна наполнителя. Использование композиционных вяжущих приводит к уплотнению цементного камня не только за счет создания более тесной упаковки исходных компонентов, но и за счет изменения химизма процессов твердения вяжущего.

Анализируя результаты проведенного исследования, можно сказать, что возможность использования металлургического шлака в качестве микронаполнителя высоконаполненных мелкозернистых бетонов очевидна и подтверждена результатами. Разнообразие возможных вариантов постановки задач оптимизации структуры высоконаполненных мелкозернистых бетонов обуславливает и многообразие оптимальных структур, отличающихся качественными особенностями, количественными соотношениями основных фаз, межфазными взаимодействиями. Правильное формулирование условий оптимальности является важнейшим условием проектирования лучших структур и составов высоконаполненного мелкозернистого бетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хирис Н. С., Потапов А. А., Акчурина Т. К. Высоконаполненный мелкозернистый бетон с использованием микронаполнителя из измельченных отходов металлургии // Наука и образование: архитектура, градостроительство и строительство : материалы Междунар. конф. Ч. II. Волгоград : ВолгГАСУ, 2012. С. 229—301.

2. Ларионова З. М., Никитина Л. В., Гарашин В. Р. Фазовый состав, микроструктура и прочность цементного камня и бетона. М. : Стройиздат, 1977. 262 с.

3. Каприелов С. С. Общие закономерности формирования структуры цементного камня и бетона с добавкой ультрадисперсных материалов // Бетон и железобетон. 1995. № 3. С. 16—20.

1. Khiris N. S., Potapov A. A., Akchurin T. K. Vysokonaplnennyy melkozernistyy beton s ispol'zovaniem mikronaplnitelya iz izmel'chennykh otkhodov metallurgii // Nauka i obrazovanie: arkhitektura, gradostroitel'stvo i stroitel'stvo : materialy Mezhdunar. konf. Ch. II. Volgograd : VolgGASU, 2012. S. 229—301.

2. Larionova Z. M., Nikitina L. V., Garashin V. R. Fazovyy sostav, mikrostruktura i prochnost' tsementnogo kamnya i betona. M. : Stroyizdat, 1977. 262 s.

3. Kaprielov S. S. Obshchie zakonomernosti formirovaniya struktury tsementnogo kamnya i betona s dobavkoy ul'tradispersnykh materialov // Beton i zhelezobeton. 1995. № 3. S. 16—20.

© Хирис Н. С., Акчурина Т. К., 2013

Поступила в редакцию
в июне 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Хирис Н. С., Акчурина Т. К. Анализ влияния шлакового микронаполнителя на процессы формирования структуры высоконаполненного мелкозернистого бетона // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр.-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 97—101.

УДК 536.24

Т. В. Чернышкова, В. М. Фокин, В. Н. Злобин, А. В. Ковылин

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрена экспериментальная лабораторная установка для измерения коэффициента звукопоглощения строительных и теплоизоляционных материалов.

Ключевые слова: коэффициент звукопоглощения, строительные объекты, «Альфаметр», звуковой сигнал.

Experimental laboratory measuring device for sound-absorbing coefficient of construction and heat-insulating materials is considered.

Key words: sound-absorbing coefficient, construction objects, "Alfametr", sound signal.

Актуальность предложенного способа заключается в необходимости оценки акустических параметров строительных и других материалов, а также готовых строительных конструкций (стен, окон и др.). Эта оценка позволяет привести акустические параметры до величин, установленных существующими СНиПами. Разработан способ определения коэффициента звукопоглощения материалов, который подтвержден патентом на полезную модель № 127930 «Устройство для измерения коэффициента звукопоглощения материала» [1].

Для измерения коэффициента звукопоглощения разработана экспериментальная лабораторная установка «Альфаметр», которая изображена на рис. 1.

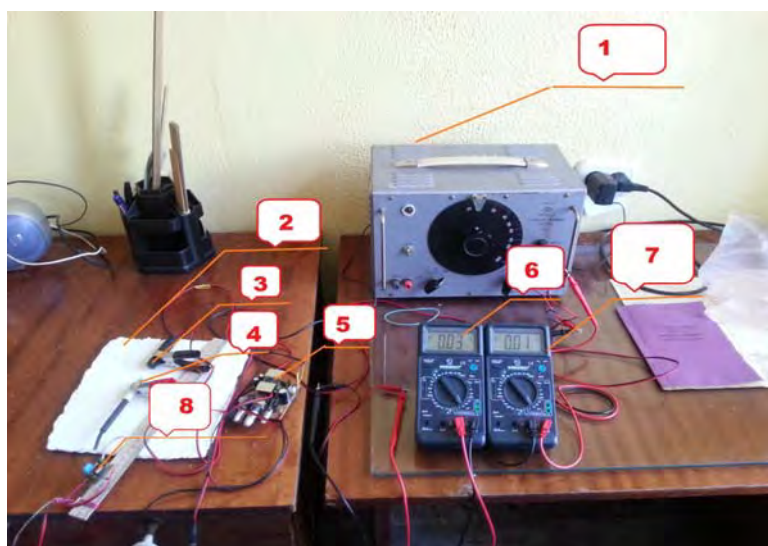


Рис. 1. Экспериментальная лабораторная установка «Альфаметр»: 1 — звуковой генератор; 2 — исследуемый образец; 3 — излучатель; 4 — микрофон; 5 — усилитель низкой частоты; 6 — вольтметр на выходе микрофона; 7 — вольтметр на выходе генератора; 8 — предварительный усилитель микрофона на ОУ

Звуковой сигнал образуется звуковым генератором, который позволяет получать синусоидальные колебания в диапазоне от 20 до 20000 Гц. Максимальный размах амплитуды на выходе составляет 5 В.

Излучатель подключен к выводам генератора и представляет собой микродинамик в пластиковом корпусе. Исследовались варианты применения низкоомных наушников от карманного плеера.

Микрофон является самой «тонкой» частью устройства, так как от правильности его работы полностью зависят результаты измерения. В корпусе от шариковой авторучки спрятан электретный капсюль, а вся конструкция помещена в термоусадочную трубку. Такое исполнение позволяет избежать попадания посторонних шумов и снизить паразитные наводки от естественной реверберации в помещении.

Предварительный усилитель собран на операционном усилителе 4558. Схема устройства приведена на рис. 2.

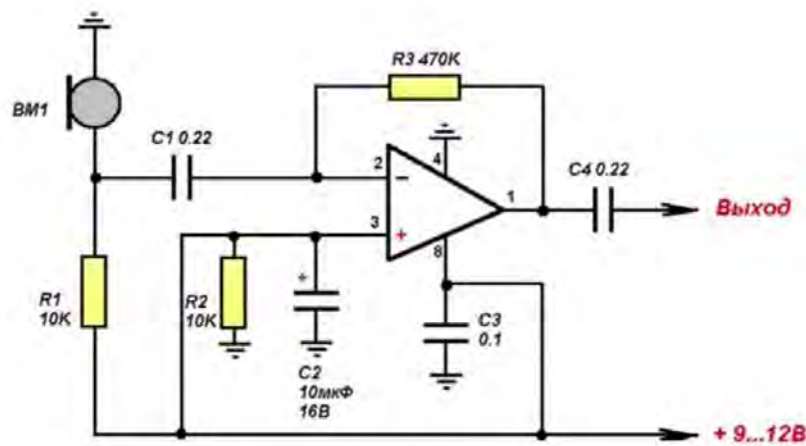


Рис. 2. Схема усилителя

По схеме была начерчена плата в программе Sprint Layout 5 и изготовлена печатная плата по лазерно-утюжной технологии.

Усилитель низкой частоты представляет собой обыкновенный усилитель звуковой частоты, извлеченный из компьютерных колонок. Он позволяет поднять уровень выходного сигнала до приемлемого уровня и снизить погрешность измерения.

Процесс работы измерительного устройства заключается в следующем: звуковой сигнал от генератора звуковой частоты в виде электрических колебаний по проводам попадает в вольтметр и излучатель. Звуковая волна из излучателя проходит через исследуемый образец и улавливается микрофоном, после чего направляется в усилитель, выход которого подключен к вольтметру. Необходимо найти такую толщину материала, чтобы уровень амплитуды звукового сигнала упал в $e = 2,7$ раз. Коэффициент звукопоглощения $\alpha_{\text{зв}}$ определяется как величина, обратная этой толщине. Если толщина измерена в см, то коэффициент звукопоглощения $\alpha_{\text{зв}}$ получается в неперах. (Коэффициент поглощения $\alpha_{\text{зв}}$ выражается в см^{-1} , т. е. в неперах на 1 см или же децибелах на 1 м ($1 \text{ дБ/м} = 1,15 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$)).

Порядок измерения коэффициента звукопоглощения на экспериментальной установке «Альфаметр»:

- 1) произвести все соединения между блоками согласно рис.;
- 2) подключить питание;
- 3) включить вольтметры и проверить работу микрофона;
- 4) микрофон расположить напротив излучателя (расстояние по толщине образца).

Амплитуда на звуковом генераторе регулируется до тех пор, пока значения на обоих вольтметрах не станут одинаковыми.

При исследовании коэффициента поглощения звука $\alpha_{зв}$ следует учитывать напряжение входного звукового сигнала. Величина этого напряжения определяет параметр выходного сигнала, при котором рассчитывается коэффициент поглощения звука. Например, если напряжение входного звукового сигнала равно 4 В, то для определения $\alpha_{зв}$ следует найти толщину образца, за которой выходное напряжение будет равно 1,5 В. В результате проведенных экспериментов это соотношение было найдено при толщине образца «Астра-тек» 0,65 см, тогда $\alpha_{зв} = 1/0,65 = 1,58$ Нп. Известные формулы связывают поглощение звука $\alpha_{зв}$ с тепловыми параметрами образца. В эти формулы входят объемная теплоемкость материала — c_v , скорость звука — c в данном материале, λ — теплопроводность материала и др. Найденный экспериментально коэффициент $\alpha_{зв}$ позволяет определять теплопроводность материала λ , поскольку коэффициенты, связывающие эти два параметра, являются постоянными (const) для исследуемого материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. на полезную модель № 127930. Устройство для измерения коэффициента звукопоглощения материала / А. В. Ковылин, Т. В. Чернышкова, В. Н. Злобин, В. М. Фокин.
2. Разработка современного метода измерения коэффициента звукопоглощения для обеспечения экологической безопасности строительных объектов / А. В. Ковылин, Т. В. Чернышкова, В. Н. Злобин, В. М. Фокин // Вестник ВолгГАСУ. 2013. 30(49). С. 275—278.

1. Pat. na poleznuyu model' № 127930. Ustroystvo dlya izmereniya koeffitsienta zvukopogloshcheniya materiala / A. V. Kovylin, T. V. Chernyshkova, V. N. Zlobin, V. M. Fokin.
2. Razrabotka sovremennogo metoda izmereniya koeffitsienta zvukopogloshcheniya dlya obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti stroitel'nykh ob"ektov / A. V. Kovylin, T. V. Chernyshkova, V. N. Zlobin, V. M. Fokin // Vestnik VolgGASU. 2013. 30(49). S. 275—278.

© Чернышкова Т. В., Фокин В. М., Злобин В. Н., Ковылин А. В., 2013

*Поступила в редакцию
в июле 2013 г.*

Ссылка для цитирования:

Экспериментальная установка для измерения коэффициента звукопоглощения строительных и теплоизоляционных материалов / Т. В. Чернышкова, В. М. Фокин, В. Н. Злобин, А. В. Ковылин // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 102—104.

УДК 536.24:691.699.86

М. А. Шило, В. М. Фокин, В. Ф. Таранов, А. В. Ковылин, В. И. Воробьев

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МНОГОСЛОЙНОЙ ПОЛИМЕРНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ МЕТОДОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО СЛОЯ

Описываются методика и установка, при помощи которых были произведены исследования. Приведены результаты экспериментов различных вариаций систем, содержащих в разной последовательности теплоизоляционное полимерное покрытие (ТПП) «Астратек» и «дополнительные» слои. Под «дополнительными» слоями понимаются слои по составу и теплофизическим характеристикам отличные от ТПП «Астратек». По результатам экспериментов разработаны системы с наиболее эффективными теплозащитными и теплоизоляционными свойствами.

Ключевые слова: теплоизоляция, теплозащита, теплофизические свойства, теплопроводность, тепловая инерция.

The technique and the device with the help of which the researches were carried out are described in the article. The results of the experiments in systems of various types containing heat-insulating polymeric covering (HIPC) "Astratek" and "additional" layers in different sequence are given. "Additional" layers are the layers that are different from HIPC "Astratek" in composition and thermophysical properties. On the basis of the results of the experiments systems with the most effective heat-protective and heat-insulating properties were developed.

Key words: thermal insulation, heat protection, thermophysical properties, heat conductivity, thermal inertia.

Описываются исследование и определение теплофизических свойств (ТФС) теплоизоляционных систем, состоящих в основном из теплоизоляционного полимерного покрытия «Астратек» ТУ 5768-002-62584336-2009, на экспериментальной установке «Цилиндр 100». ТПП «Астратек» относится к теплоизоляционным покрытиям, наполненным полыми сферами, для теплоизоляции различных поверхностей: трубопроводов тепловых сетей, нефте- и газопроводов, систем вентиляции и кондиционирования, промышленного оборудования в жилищно-коммунальном хозяйстве, жилищном и промышленном строительстве [1].

Предварительной целью проведенной работы было создание экспериментальной установки, которая позволяет получать достоверные теплофизические показания теплоизоляционных материалов в равных условиях экспериментов. Для этих целей была смонтирована электронагревательная установка «Цилиндр 100» (рис. 1), имитирующая условия работы горячего трубопровода с температурой нагрева поверхности от 20 до 200 °С. Установка позволяет настраивать в рабочем интервале любую температуру нагрева поверхности. Еще одним фактором в пользу выбора этой установки стала конструкция рабочей поверхности, позволяющая без повреждений и замены подложки менять теплоизоляционные покрытия. Основными узлами установки являются: нагревательный элемент, корпус, подставки.

Принцип работы установки. На рабочую поверхность наносятся или закрепляются испытываемые образцы теплоизоляционных материалов в соответствии с техническими требованиями. Корпус представляет собою тонкослойную металлическую трубу с изолируемыми торцами. Наружный диаметр

составляет 108 мм, длина — 1190 мм. Соотношение габаритов установки было выбрано таким образом, чтобы минимизировать потери теплоты и влияние краевых эффектов на теплофизические процессы, вдобавок на края установки надеваются теплозащитные колпаки из пенополиуретана (ППУ). Нагревательным элементом является ТЭН, расположенный по центру всей длины установки. Между нагревательным элементом и корпусом расположена воздушная прослойка. Корпус фиксируется на подставках на высоте 800 мм от уровня пола. Общий вид установки представлен на рис. 2.

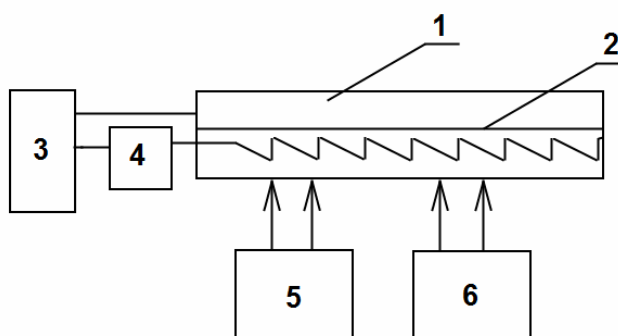


Рис. 1. Схема лабораторной установки «Цилиндр 100»: 1 — рабочая поверхность; 2 — нагревательный элемент; 3 — блок питания; 4 — измеритель электрических параметров; 5 — измеритель температуры; 6 — измеритель плотности теплового потока



Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки «Цилиндр 100»

Установка работает от сети напряжением 220 В и частотой 50 Гц. Для выравнивания входного напряжения используется однофазный стабилизатор напряжения АСН 3000/1-Ц. Регулирование мощности установки производится изменением напряжения при помощи трансформатора напряжения, установленного после стабилизатора напряжения. Измерение и запись показателей качества электрической энергии производилось при помощи измерителя ЭРИС-КЭ.04 (табл. 1, № 7). Замер температуры и теплового потока производится приборами, указанными в табл. 1 № 1—6, в соответствии с требованиями [2, 3, 4].

Т а б л и ц а 1

Список приборов, используемых в научно-исследовательской работе

№	Наименование приборов	Марка прибора
1	Тепловизор	Testo 882
2	Измеритель плотности тепловых потоков и температур	ИТП-МГ.03
3	Измеритель теплового потока и температуры	ИТП-11
4	Микропроцессорный регистратор температуры	ACC-003 AIRCOOL
5	Инфракрасный термометр (пирометр)	DT-8855
6	Цифровой контактный термометр	TK5.06
7	Измеритель показателя качества электрической энергии	ЭРИС-КЭ.04
8	Мультиметр	MS-8229
9	Измеритель универсальный	ATT-9508

Температурный перепад на поверхности установки при нагреве ее до 200 °С в продольном сечении не выше 0,5 °С, что не превышает погрешность прибора. Таким образом, замеренный продольный температурный перепад на поверхности установки варьируется в допустимых пределах. Коэффициент излучения (ϵ) поверхности установки был определен пирометром и составил 0,76.

Толщина нанесенных вариаций систем соответствует $1 + 0,05$ мм. Нанесение материалов производилось малярной кистью. Варианты исследуемых систем и последовательности слоев в них указаны в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Перечень исследуемых систем

Название системы	Используемый материал	Краткое обозначение системы	Толщина слоя, мм
Базовая	ТПП «Астратек»	А	1
Астратек, покрытый Al	ТПП «Астратек»	АС	1
	Краска серебрянка на олифе		0,05
Астратек 1 мм с промежуточным слоем из Al	ТПП «Астратек»	АСА	0,5
	Краска серебрянка на олифе		0,05
	ТПП «Астратек»		0,5

На рис. 3—6 приведены распределения температур на поверхности установки t_n и изоляции $t_{из}$, а также измеренный тепловой поток q в зависимости от активной мощности P .

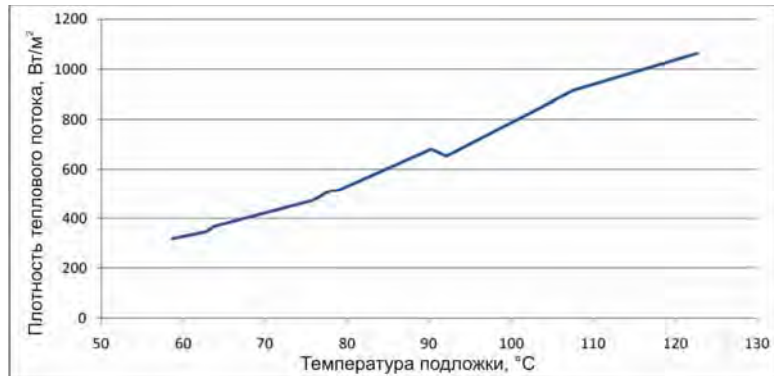


Рис. 3. Зависимость излучаемого потока q_1 от температуры подложки $t_{п1}$ на поверхности установки

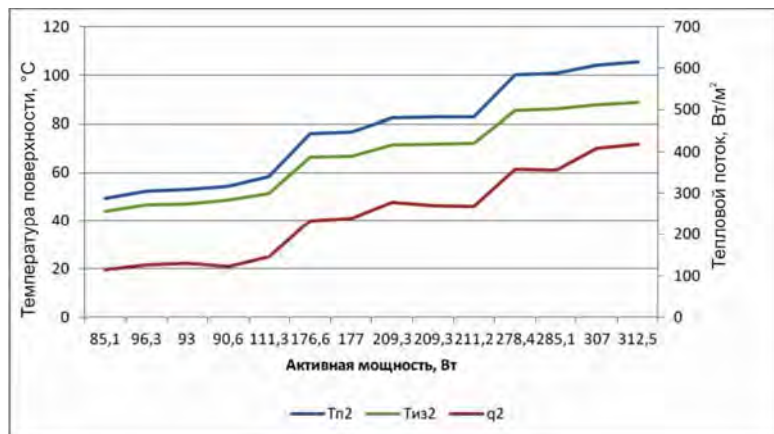


Рис. 4. Зависимость температуры подложки $t_{п2}$, температуры поверхности изоляции $t_{из2}$ и излучаемого потока q_2 от активной мощности теплоизоляционной системы «Базовая»

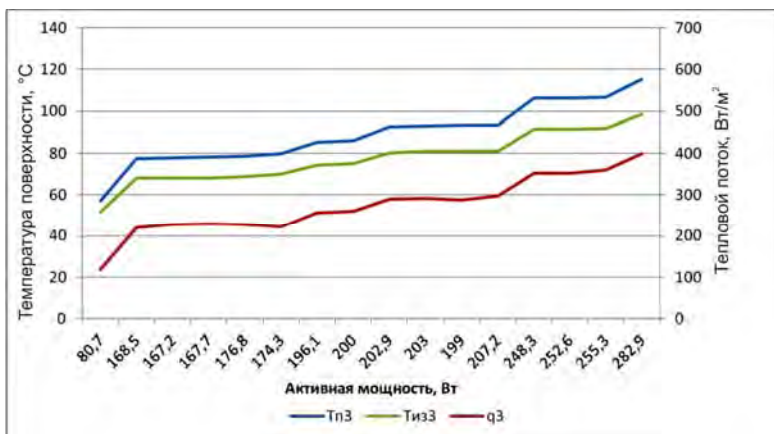


Рис. 5. Зависимость температуры подложки $t_{п3}$, температуры поверхности изоляции $t_{из3}$ и излучаемого потока q_3 от активной мощности теплоизоляционной системы «Астратек, покрытый Al»

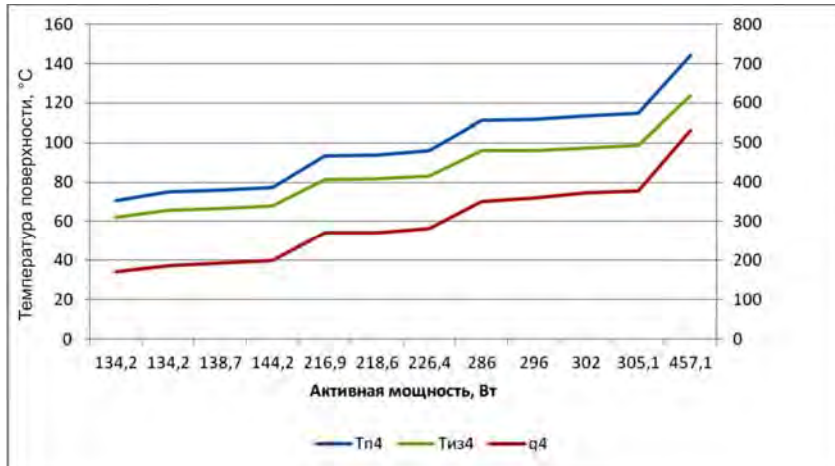


Рис. 6. Зависимость температуры подложки $t_{п4}$, температуры поверхности изоляции $t_{из4}$ и излучаемого потока q_4 от активной мощности теплоизоляционной системы «Астратек 1 мм с промежуточным слоем из Al»

Для сравнения теплоизоляционных и теплозащитных свойств систем были найдены основные теплотехнические показатели, характеризующие системы:

- коэффициент теплоотдачи конвекцией α_k , Вт/м²·К;
- коэффициент теплоотдачи излучением $\alpha_{л}$, Вт/м²·К;
- термическое сопротивление системы R , м²·К/Вт;
- коэффициент теплопроводности λ , Вт/м·К;
- тепловая инерция теплоизоляции I , Дж²/с·м⁴·К².

Расчет суммарного коэффициента теплопередачи α_n определяется как сумма двух слагаемых — коэффициента теплоотдачи конвекцией α_k и коэффициента теплоотдачи излучением $\alpha_{л}$ [5]:

$$\alpha_n = \alpha_k + \alpha_{л}. \quad (1)$$

Для определения коэффициента теплоотдачи излучением $\alpha_{л}$ и коэффициента теплоотдачи конвекцией α_k установки, расположенной в помещении, используются следующие формулы [4, 5, 6]:

$$\text{при } \Delta t d^3 > 9,8 \cdot 10^{-2}, \text{ коэффициент теплоотдачи } \alpha_k = 1,43 \sqrt[3]{\Delta t}; \quad (2)$$

$$\text{или } 9,8 \cdot 10^{-2} \geq \Delta t d^3 > 6,49 \cdot 10^{-6}, \text{ то } \alpha_k = 1,18 \sqrt[4]{\frac{\Delta t}{d}}, \quad (3)$$

где Δt — разность температур теплоотдающей поверхности и окружающего воздуха, °C; d — наружный диаметр установки, м.

$$\alpha_{л} = \frac{c_0 \varepsilon \left[\left(\frac{T_{изл}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{окр}}{100} \right)^4 \right]}{t_{изл} - t_{окр}}, \quad (4)$$

где c_0 — коэффициент излучения абсолютно черного тела, $c_0 = 5,67$ Вт/(м²·К⁴); ε — приведенная степень черноты исследуемой системы;

$T_{\text{изл}}$ — температура поверхности изоляции, К; $T_{\text{окр}}$ — температура окружающей среды, °С; $t_{\text{изл}}$ — температура поверхности изоляции, К; $t_{\text{окр}}$ — температура окружающей среды, °С.

Количество теплоты, выделяемой за счет радиационного излучения, рассчитывается в соответствии с формулой Стефана — Больцмана:

$$Q_{\text{л}} = c\varepsilon F \left[\left(\frac{T_{\text{изл}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{пов}}}{100} \right)^4 \right]. \quad (5)$$

Количество теплоты, выделяемой за счет конвективного излучения, определяется по формуле

$$Q_{\text{к}} = \alpha_{\text{к}} F (t_{\text{изл}} - t_{\text{окр}}). \quad (6)$$

Полный тепловой поток равен

$$Q = Q_{\text{л}} + Q_{\text{к}}. \quad (7)$$

Теплопроводность изолируемой системы рассчитывается по закону Фурье:

$$\lambda = \frac{\delta q}{(t_{\text{подл}} - t_{\text{изл}})}, \quad (8)$$

где δ — толщина изоляционного слоя, м; $t_{\text{подл}}$ — температура на поверхности подложки, °С; q — измеренный поток на поверхности изоляции, Вт/м².

Тепловая инерция изолируемой системы определена по формуле

$$I = \lambda \rho c, \quad (9)$$

где ρ — общая плотность изолируемой системы, $\rho = 400$ кг/м³; c — удельная теплоемкость изолируемой системы, $c = 1250$ Дж/кг.

Полученные экспериментальные данные на лабораторной установке «Цилиндр 100» приведены на рис. 7—12.

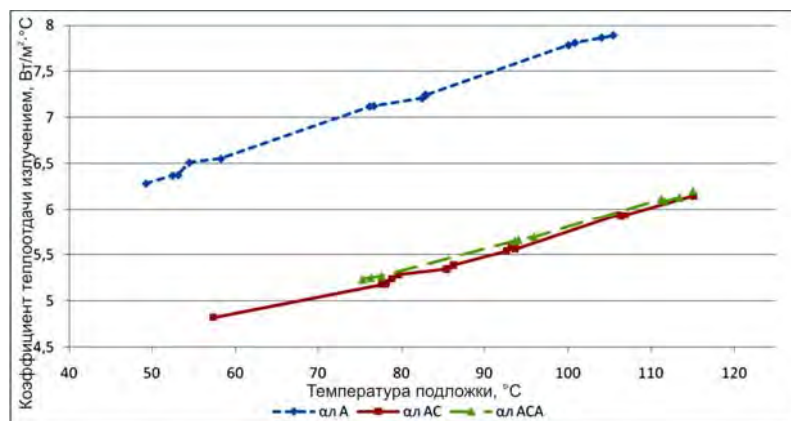


Рис. 7. Зависимость коэффициента лучистой теплопередачи $\alpha_{\text{л}}$ систем от температуры подложки $t_{\text{п}}$

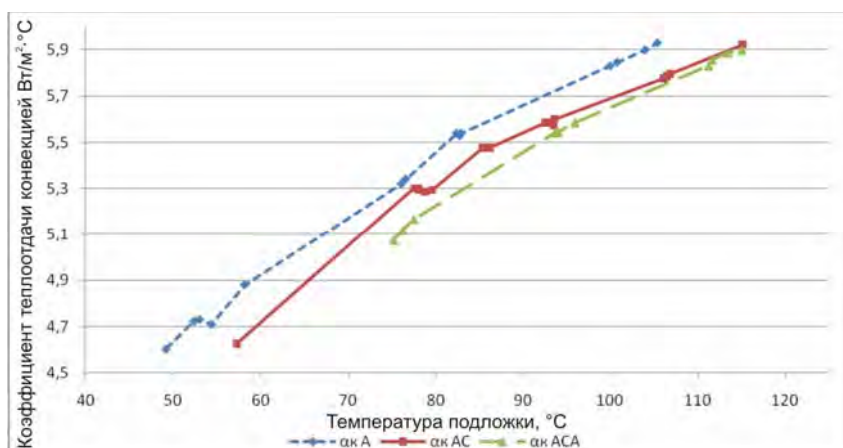


Рис. 8. Зависимость коэффициента конвективной теплопередачи α систем от температуры подложки t_n

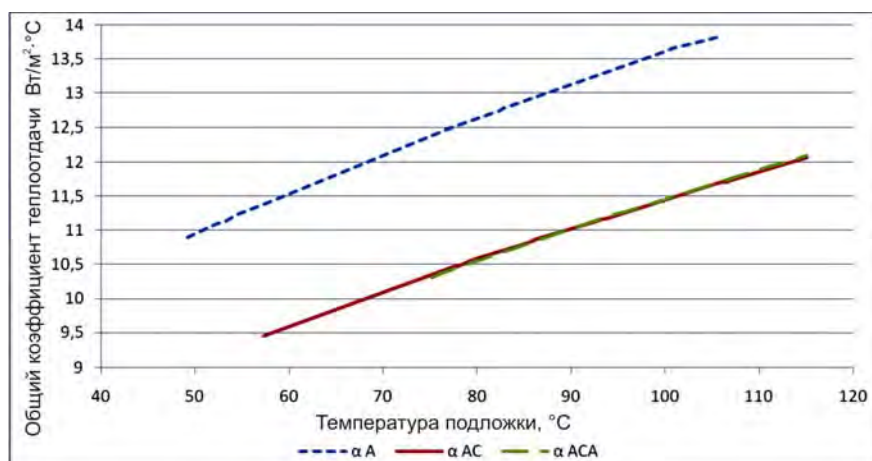


Рис. 9. Зависимость коэффициента теплопередачи α_k систем от температуры подложки t_n

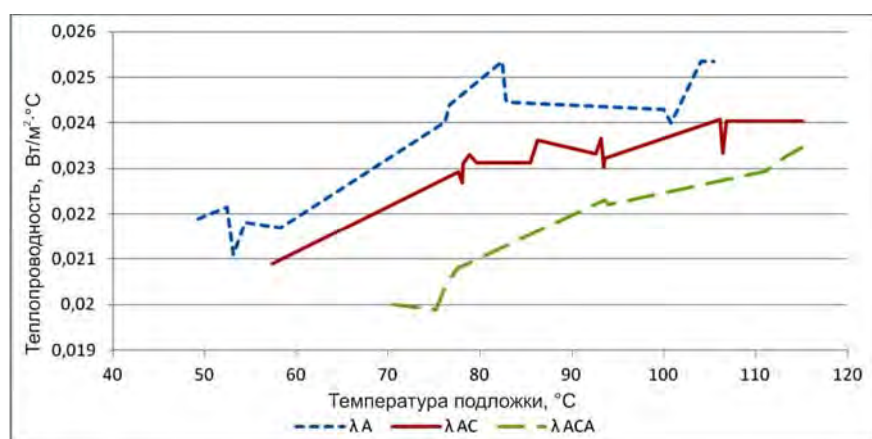


Рис. 10. Зависимость теплопроводности λ систем от температуры подложки t_n

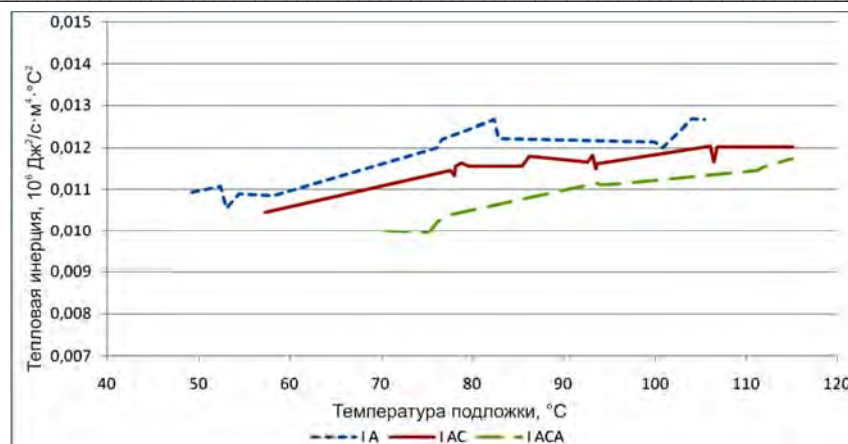


Рис. 11. Зависимость тепловой инерции I систем от температуры подложки $t_{\text{п}}$

По результатам экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Исследуемые системы, состоящие в основном из теплоизоляционного полимерного покрытия «Астратек», обладают высоким сопротивлением тепловому потоку, следовательно, системы имеют низкое значение коэффициентов теплопроводности и тепловой инерции.

2. Создание лабораторной установки «Цилиндр 100» позволяет достаточно точно и эффективно определять и сравнивать теплофизические свойства теплоизоляционных систем.

Разработаны и запатентованы теплоизоляционная и теплозащитная системы [2, 3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 2374281 РФ, МПК C09D5/08, C09D5/02, C09D167/00. Антикоррозийное и теплоизоляционное покрытие на основе полых микросфер.
2. Пат. 115377 РФ, МПК E04B1/76. Многослойная полимерная система теплоизоляции строительных конструкций, стен зданий и сооружений.
3. Пат. 126029 РФ, МПК E04B1/76. Многослойная теплозащитная система для повышения ожогового порога.
4. Фокин В. М., Ковылин А. В. Теплофизические исследования строительных материалов методом неразрушающего контроля с использованием тепломера // Теплофизические исследования и измерения в энергосбережении при контроле, управлении и улучшении качества продукции и услуг : материалы Междунар. теплофиз. шк. Тамбов : ТГТУ, 2010. С. 23—26.
5. Тепловая изоляция : справочник / В. И. Бельский, А. А. Борознин, Н. М. Зеликсон и др. М. : Стройиздат, 1976. С. 252—265.
6. Ковылин А. В., Михеев П. Ю. Определение теплофизических свойств здания методом неразрушающего контроля // Наука и образование: архитектура, градостроительство и строительство : материалы Междунар. конф., посвященной 80-летию строит. образования и 40-летию архитектурного образования Волгоградской обл. Волгоград : ВолгГАСУ, 2010. С. 180—183.
1. Pat. 2374281 RF, MPK C09D5/08, C09D5/02, C09D167/00. Antikorroziynoe i teploizolyatsionnoe pokrytie na osnove polykh mikrosfer.
2. Pat. 115377 RF, MPK E04V1/76. Mnogosloynaya polimernaya sistema teploizolyatsii stroitel'nykh konstruktsiy, sten zdaniy i sooruzheniy.

3. Pat. 126029 RF, MPK E04V1/76. Mnogosloynaya teplozashchitnaya sistema dlya povysheniya ozhogovogo poroga.

4. Fokin V. M., Kovylin A. V. Teplofizicheskie issledovaniya stroitel'nykh materialov metodom nerazrushayushchego kontrolya s ispol'zovaniem teplomera // Teplofizicheskie issledovaniya i izmereniya v energosberezhenii pri kontrole, upravlenii i uluchshenii kachestva produktsii i uslug : materialy Mezhdunar. teplofiz. shk. Tambov : TGTU, 2010. S. 23—26.

5. Teplovaya izolyatsiya : spravochnik / V. I. Bel'skiy, A. A. Boroznin, N. M. Zelikson i dr. M. : Stroyizdat, 1976. S. 252—265.

6. Kovylin A. V., Mikheev P. Yu. Opredelenie teplofizicheskikh svoystv zdaniya metodom nerazrushayushchego kontrolya // Nauka i obrazovanie: arkhitektura, gradostroitel'stvo i stroitel'stvo : materialy Mezhdunar. konf., posvyashchennoy 80-letiyu stroit. obrazovaniya i 40-letiyu arkhitekturnogo obrazovaniya. Volgogradskoy obl. Volgograd : VolgGASU, 2010. S. 180—183.

© Шило М. А., Фокин В. М., Таранов В. Ф., Ковылин А. В., Воробьев В. И., 2013

*Поступила в редакцию
в июне 2013 г.*

Ссылка для цитирования:

Измерение теплофизических свойств многослойной полимерной теплоизоляции методом цилиндрического слоя / М. А. Шило, В. М. Фокин, В. Ф. Таранов, А. В. Ковылин, В. И. Воробьев // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр.-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 105—113.

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

УДК 621.643.053:624.042.7(204.1)

Л. В. Муравьева

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРУБОПРОВОДА С ГРУНТОМ

Основными критериями оптимальности сооружения является техническая и экологическая безопасность. Наиболее важным вопросом является корректный учет взаимодействия сооружения с основанием в процессе землетрясения.

Решение указанной проблемы требует рассмотрения следующих основных задач: установление особенностей общих закономерностей взаимодействия сооружения с грунтом для отдельного вида специальных сооружений.

К л ю ч е в ы е с л о в а: морской подводный трубопровод, проблемы оценки сейсмостойкости, учет взаимодействия.

The main criteria for optimality of a construction is technical and ecological safety. The most important issue is the correct accounting of interaction between the construction and the foundation during an earthquake.

To solve the problem being discussed it is necessary to consider the following main objectives: determination of peculiarities of the general regularities of interaction between a construction and soil for special structures of a certain type.

K e y w o r d s: sea underwater pipeline, problems of seismic stability assessment, accounting of interaction.

К основным причинам возникновения аварий на трубопроводах, связанными с внешними воздействиями природного и техногенного характера, относятся: сейсмические явления, оседание почвы и разжижение грунта.

Согласно [1] следует выполнять анализ всевозможных колебаний напряжений в трубопроводе по интенсивности и частоте, способных вызвать разрушения при эксплуатации морской трубопроводной системы.

Динамическое взаимодействие сооружения с основанием оказывает большое влияние на сейсмические колебания сооружений. При землетрясении распространение волны из его источника по существу трехмерное. Принимая линейный источник или рассматривая только эффекты на некотором расстоянии от источника, задача может быть уменьшена до двумерной, где все волны распространяются в направлениях, параллельно плоскости (например, плоскости xz), и поэтому движение не зависит от третьей координаты. Эти волны рассматриваются как плоские.

Общим и наиболее важным вопросом при этом является корректный учет взаимодействия сооружения с основанием в процессе землетрясения.

Для крупных энергетических сетевых сооружений существенное значение имеет их протяженность, соизмеримая с длинами сейсмических волн.

Решение этой проблемы требует рассмотрения следующих основных задач:

- 1) совершенствование модели грунтового основания;
- 2) разработки теории расчета сейсмостойкости сооружений с учетом основания;
- 3) установление особенностей общих качественных закономерностей взаимодействия сооружения с грунтом.

Проблема динамического взаимодействия сооружений с основанием и передачи колебаний через грунт сложна. В настоящее время имеется лишь ограниченное число исследований.

Для решения указанной проблемы необходимо изучить колебания сложной динамической системы, состоящей из двух различных подсистем:

- 1) основания — источника колебаний;
- 2) сооружения — приемника колебаний.

При этом принимаются упрощающие допущения.

В основании динамического взаимодействия сооружения с основанием принята линейная постановка задачи.

С инженерной точки зрения проблема может быть упрощена и разделена на две относительно самостоятельные задачи: взаимодействию с основанием сооружений и распространение в грунте колебаний от заданных динамических воздействий.

Возможны различные математические формулировки задачи о совместных колебаниях двух различных систем — сооружения и грунтового основания:

- 1) использование единой расчетной схемы;
- 2) решение задач о колебаниях каждой из систем без связи с другой и затем использование условий совместности для решения задачи о связанных колебаниях.

Второй вариант задачи позволяет лучше понять механическую картину взаимодействия, чаще используется при теоретическом и инженерном анализе.

Динамические свойства каждой из систем могут быть описаны различными способами — линейными дифференциальными уравнениями, заданием передаточных или импульсных переходных функций и др.

Упругие свойства изотропной среды обычно определяются двумя константами, причем чаще всего применяют одну из следующих трех пар констант:

- 1) константы Лямэ λ и G (модуль сдвига G часто обозначается через μ);
- 2) модуль упругости E и коэффициент Пуассона μ ;
- 3) скорости распространения продольных V_p и поперечных V_s упругих волн.

При решении конкретных задач принимаются дополнительные предположения о характере изменения свойств среды от точки к точке, форме и взаимном расположении границ раздела, об источнике возмущения и др.

Динамика грунтовой среды описывается уравнением

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t}, \quad (1)$$

где G — модуль сдвига; η — вязкость.

При расчете колебаний абсолютно жесткого штампа с динамическими нагрузками от основания используется динамическая расчетная схема в виде груза, опирающегося на пружину. Эта система описывается линейным дифференциальным уравнением вида

$$\begin{aligned} mz + a_z z + C_z Fz &= P_z(t) \cos \omega t; \\ m\ddot{x} + a_x \dot{x} + C_x Fx &= P_x(t) \cos \omega t; \\ \theta\ddot{\phi} + \alpha_\phi \dot{\phi} + [C_\phi I + C_x Fh_0^2 - Qh_0] \phi - C_x Fh_0 x &= M(t), \end{aligned} \quad (2)$$

где m — масса, совершающая вертикальные движения на упруго-вязкой опоре, под действием гармонической силы $P_0(t) \cos \omega t$.

Основными расчетными динамическими характеристиками системы «фундамент — грунт», входящими в уравнения (2), являются коэффициенты неупругого сопротивления α_z , α_ϕ , α_x или соответствующие коэффициенты затухания n_z , n_ϕ , n_x колебаний. Определение входящих в эти выражения коэффициентов упругого равномерного C_z и неравномерного C_ϕ сжатия, а также упругого равномерного сдвига C_x производится по известным формулам [4] для смещений (осадок z , поворотов ϕ и сдвигов x) жесткого прямоугольного штампа, расположенного на поверхности упругого пространства.

Применение модели грунта при принятых предпосылках относительно его свойств при колебаниях сводится к определению параметров уравнения (2).

При расчете вертикальных колебаний абсолютно жесткого штампа на основе модели Винклера предполагается, что грунт наделен только свойствами упругости, характеризующимися коэффициентами упругого однородного сжатия C_z и отсутствием инерционных и диссипативных свойств грунта.

Выбор способа описания условий совместности колебаний каждой из систем связан с разнообразием математических формулировок задачи о взаимодействии.

Рассмотрим вариант, когда сооружение опирается на основание через невесомый абсолютно жесткий штамп. Расчетная схема показана на рис. 1.

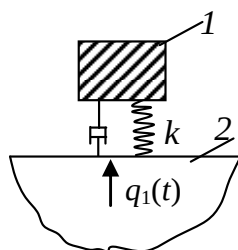


Рис. 1. Расчетная схема системы «сооружение — основание»: 1 — сооружение; 2 — основание; k — жесткость пружины; $q_1(t)$ — сейсмическое воздействие

В динамических расчетах сооружений применяется понятие передаточной функции системы $P(\omega)$ как отношение комплексной амплитуды y^* установившихся гармонических колебаний в некоторой точке к комплексной амплитуде входного воздействия x^* .

Размерность передаточной функции зависит от того, что понимать под реакцией системы y и входным воздействием x . Входным воздействием x может быть, например, сейсмическое смещение (скорость, ускорение) основания сооружения или внешнее силовое воздействие.

Изменение y связано с действием фактора x линейным временным оператором

$$L_t(y) = x. \quad (3)$$

По определению импульсной переходной функции $G(t)$ системы, характеризующей изменение во времени параметра y в некоторой точке при импульсном (дельтообразном) изменении воздействия x на систему при начальных нулевых условиях, решение уравнения (3) имеет вид

$$y = \int_0^t G(t - \tau) \exp i\omega d\tau. \quad (4)$$

Если функция $G(t)$ такова, что $\int_0^\infty G(\tau) d\tau$ существует, а в рассматриваемых

задачах колебания тел на полупространстве это всегда имеет место, то комплексная амплитуда получающихся периодических колебаний (при $t \rightarrow \infty$), удовлетворяющих уравнению (3), а следовательно, и уравнению (4) (при $t \geq 0$), имеет вид

$$\Pi(\omega) = \int_0^\infty G(\tau) [\exp - i\omega\tau] d\tau. \quad (5)$$

Большая часть колебаний грунтового массива во время землетрясения обусловлена вертикально направленными объемными волнами, которые генерируются залегающими на глубине скальными породами.

Учет влияния основания в сейсмических расчетах сооружений выполняется на основании расчетных динамических характеристик грунтов: модуль упругости (Юнга) E , связывающий нормальные напряжения и одноосные деформации; модуль сдвига G ; коэффициент Пуассона ν ; коэффициент относительной диссипации энергии в грунте ζ .

$$E = \rho V_s^2 \frac{3\delta^2 - 4}{\delta^2 - 1}; \quad \nu = \frac{\delta^2 - 2}{2(\delta^2 - 1)}, \quad (6)$$

где $\delta = \frac{V_p}{V_s}$; $G = \rho V_s^2$.

Поскольку модуль сдвига G_0 для слабых грунтов не превышает 50 МПа, нормальное горизонтальное напряжение σ_{dh} , вызываемое прохождением продольных волн, практически равно нормальному вертикальному напряжению σ_{dv} [3] (рис. 2).

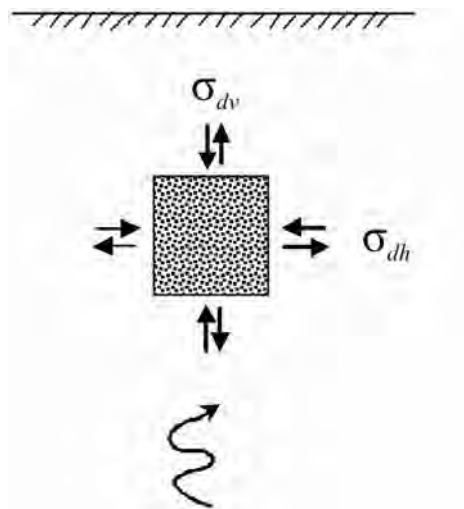


Рис. 2. Напряжения, вызываемые прохождением сейсмических волн: горизонтальные напряжения σ_{dh} будут связаны с нормальными вертикальными напряжениями σ_{dv}

Математическую модель расчетной модели следует строить на общих принципах аналитической механики твердого тела.

Упругие связи, моделирующие упругое основание или несущие конструкции сооружения, могут быть представлены расчетными моделями различного типа: гибкая упругая связь, упругая односторонняя связь, упруго-пластическая связь.

В реальных условиях обычно наблюдаются необратимые потери энергии в грунтах при колебаниях вследствие ее затрат на преодоление сил внутреннего неупругого сопротивления (вязкости, трения между твердыми частицами, взаимодействия между водой и скелетом грунта и др.).

В модели свободного уложенного подводного трубопровода рассматриваются как соответствующие нелинейные соотношения для материала трубопровода и грунта, так и влияние больших перемещений [4].

При рассмотрении взаимодействия свободно лежащего трубопровода с грунтом по соотношениям [2] были определены реакции грунта на вертикальные перемещения трубопровода:

в песчаных грунтах $R_a = R_v \mu_a$;

глинистых грунтах $R_a = \min \{ R_v \mu_a, b \tau_{\max} \}$,

где R_v — вертикальное сопротивление грунта; μ — коэффициент трения; τ — сопротивление грунта сдвигу.

Изменение во времени касательных напряжений, вызванных вертикальным прохождением сейсмических сдвиговых волн через массив грунта с ровной поверхностью, будет непериодическим и разнонаправленным при рассмотрении в горизонтальной плоскости (рис. 3).

Динамическая нагрузка (комбинация статической и циклической составляющих нагрузок) может приводить к значительному изменению параметров прочности и деформируемости грунтов по сравнению с их статическими величинами.

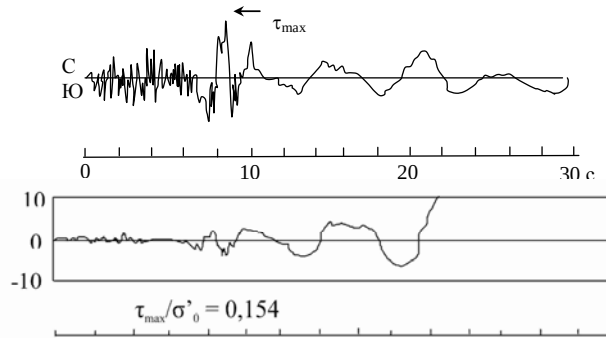


Рис. 3. Изменение деформаций сдвига и возрастание порового давления σ'_0 Ниагата

Динамическая прочность грунта на сдвиг определяется как предельное значение суммы статической компоненты сдвиговых напряжений τ_a и циклической составляющей τ_{cy} на поверхности разрушения:

$$(\tau_{f, cy})_{\text{пред}} = (\tau_a + \tau_{cy})_{\text{пред}} = f(N, d_{50}, \mu_\sigma, \omega_1, \dots, \omega_n), \quad (7)$$

где $\tau_{f, cy}$ — пиковые значения динамических сдвигающих напряжений; N — число циклов нагружения; d_{50} — характеристика гранулометрического состава грунта; μ_σ — параметр Лоде; ω_1, ω_n — другие определяющие параметры.

$$\tau_{\max} = \sqrt{s_u^2 - \left(\frac{0,5(1-k_c)R_v}{b} \right)^2}. \quad (8)$$

При расчете подводного трубопровода по предельным состояниям необходимо учитывать упругопластические характеристики работы материала.

Модель Ramberg-Osgood выбрана для моделирования упругопластических свойств стали. Модель Ramberg-Osgood имеет вид

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E_0} \left[1 + \frac{n}{1 + \gamma} \left(\frac{\sigma}{\sigma_y} \right)' \right], \quad (9)$$

где ε — деформация; σ — напряжение; E_0 — начальный модуль Юнга; σ_y — напряжение, соответствующее пределу текучести; n и γ — параметры Ramberg-Osgood.

Критерий Мизеса принят при учете с правилами текучести и кинематикой упрочнения материала трубопровода.

Грунты, окружающие трубопровод, рассматриваются как нелинейные пружины. Соотношение «сила — смещение» в пружинах, моделирующих грунт, в основном основано на упруго-пластичной модели, предложенной в руководстве [2]. Для этой модели

$$f = \begin{cases} K_0 u; & u \leq u_p, \\ K_0 u_p; & u > u_p, \end{cases}$$

где f является силой сопротивления; K_0 — начальная жесткость; u — смещение; u_p — предельное смещение.

Динамические параметры простейшей схемы могут быть найдены при помощи расчета с применением модели Винклера. При этом учитываются инерционные и диссипативные свойства грунта, согласно опытным данным.

Соответственно необходимо учитывать влияние давления и температуры и их взаимное воздействие на отклик (реакцию) подводного трубопровода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нормы проектирования и строительства морского газопровода. ВН 39-1.9-005-98. М. : ИРЦ «Газпром», 1998. 17 с.
2. Ишихара К. Поведение грунтов при землетрясениях. СПб. : НПО «Геореконструкция-Фундаментпроект», 2006. 384 с.
3. Free Spanning Pipelines Recommended Practice DNV-RP-F105. Det Norske Veritas, 2002. 39 p.
4. Муравьева Л. В., Тимофеев О. Я. Проблемы оценки безопасности морского трубопровода // Труды RAO/GIS. Offshore, 13—16 сентября, 2011. СПб.
1. Normy proektirovaniya i stroitel'stva morskogo gazoprovoda. VN 39-1.9-005-98. M. : IRTs «Gazprom», 1998. 17 s.
2. Ishikhara K. Povedenie gruntov pri zemletryasenyakh. SPb. : NPO «Georekonstruktsiya-Fundamentproekt», 2006. 384 s.
3. Free Spanning Pipelines Recommended Practice DNV-RP-F105. Det Norske Veritas, 2002. 39 p.
4. Murav'eva L. V., Timofeev O. Ya. Problemy otsenki bezopasnosti morskogo truboprovoda // Trudy RAO/GIS. Offshore, 13—16 sentyabrya, 2011. SPb.

© Муравьева Л. В., 2013

*Поступила в редакцию
в июне 2013 г.*

Ссылка для цитирования:

Муравьева Л. В. Определение закономерностей взаимодействия трубопровода с грунтом // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 114—120.

УДК 624.08

С. В. Харланова**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКСЕЛЕРОГРАММ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

Предложен метод имитационного моделирования расчетных акселерограмм землетрясений, который позволяет построить акселерограмму по заданному спектру, с заданной энергией и с использованием записей слабых землетрясений.

Ключевые слова: метод имитационного моделирования, акселерограмма, спектр, землетрясение.

The author suggests the method of imitating modeling for earthquake calculation accelerograms that allows develop accelerogram on the set range, with the set energy and with the use of records of slight earthquakes.

Key words: method of imitating modeling, accelerogram, range, earthquake.

Согласно требованиям [1] «...расчеты, соответствующие МРЗ, следует выполнять во временной области с использованием инструментальных или синтезированных акселерограмм».

Синтезированная акселерограмма должна соответствовать следующим критериям:

- 1) максимальному нормируемому ускорению для заданной интенсивности. Нормируется по [1];
- 2) спектральному составу, характерному данной площадке. Обычно определяется микрорайонированием;
- 3) продолжительности воздействия;
- 4) энергетическому критерию.

Обычно синтезированные акселерограммы соответствуют в той или иной степени только первым трем критериям. В качестве энергетического критерия может быть выбран один из трех — Ариаса [2], CAV [3] или SED [4]. Наиболее «физичным» является критерий CAV, который можно интерпретировать как сумму мгновенных импульсов. Аналогичный подход был использован Дюамелем для вывода аналитического решения уравнения линейного осциллятора с произвольной правой частью.

Задача построения случайного процесса с заданным спектром не является однозначной. Наиболее часто для синтеза акселерограмм используется затухающий, почти периодический процесс вида [5]

$$a(t) = t \sum_{i=0}^n A_i \sin(\omega_i t) e^{-b_i t}, \quad (1)$$

где $a(t)$ — искомая акселерограмма; n — количество синусоидальных периодических процессов; A_i , b_i — коэффициенты, характеризующие амплитуду и затухание процесса; ω_i — частоты заданного спектра.

При таком подходе остается открытым вопрос об энергетических параметрах акселерограммы. Заданный спектр может быть построен при помощи ограниченного набора кратковременных импульсов, суммарная энергия которых весьма мала.

Для построения искусственной акселерограммы может быть использован подход, основанный на имитационном моделировании. Р. Шеннон [6] определяет имитационное моделирование как единый процесс конструирования и исследования модели реальной системы. Система определяется как совокупность объектов, объединенных некоторой формой регулярного взаимодействия или взаимозависимости для выполнения заданной функции. Применение имитационных моделей целесообразно в тех случаях, когда связи между частями системы недетерминированы, но возможно установить некоторые статистические зависимости.

Известно, что при землетрясении возбуждаются как минимум три вида волн: первичные (P), вторичные (S) и поверхностные (R и L). Частота, скорость и амплитуда этих волн различны. В расчетной точке (сейсмостанции) совокупность волн регистрируется в виде акселерограммы. Таким образом, для моделирования акселерограммы необходимо учитывать как минимум три компоненты (объекта в терминах имитационной модели). В действительности, учитывая различные эффекты, возникающие при распространении волн от очага землетрясения, таких компонент может быть больше. Характеристики отдельных компонент определяются заданным спектром.

В качестве объектов моделируемой акселерограммы принимаются детерминированные процессы вида

$$\begin{cases} a_i(t) = A_i (t - t_{0,i})^n \sin[\omega_i(t - t_{0,i})] & \text{при } t_{0,i} < t \leq t_{\max,i}, \\ a_i(t) = A_i (t_{\max,i} - t_{0,i})^n \sin[\omega_i(t - t_{0,i})] \exp[-b_i(t - t_{\max,i})] & \text{при } t > t_{\max,i}, \end{cases} \quad (2)$$

где $t_{0,i}$ — начало i -го процесса; $t_{\max,i}$ — время, при котором амплитуда достигает максимума; ω_i — абсцисса заданного спектра.

Процесс имитационного моделирования состоит из трех этапов. На первом этапе, в соответствии с ординатами заданного спектра, определяются величины A_i , $t_{\max,i}$, b_i . Величины $t_{0,i} = 0$ для всех компонент.

На втором этапе процессы (2) объединяются и корректируются значения $t_{\max,i}$ и t_0 в соответствии с заданным спектром.

На третьем этапе осуществляется корректировка амплитуд акселерограммы в соответствии с заданным критерием САВ. Изменение критерия САВ во времени может быть аппроксимировано зависимостью

$$\begin{cases} \text{CAV}(t) = Bt^k & \text{при } t \leq 1, \\ \text{CAV}(t) = C \ln(t) + B & \text{при } t > 1, \end{cases} \quad (3)$$

где B , C и k определяются в зависимости от интенсивности землетрясения и категории грунта по сейсмическим свойствам.

На этом же этапе корректируется максимальная ордината акселерограммы в соответствии с требованиями норм [1].

Для проверки адекватности предложенной модели построена расчетная акселерограмма землетрясения интенсивностью 8 баллов для района сейсмостанции Genio-Cevil, Северная Италия. Предварительно проведено статистическое исследование 20 акселерограмм землетрясений интенсивностью от 4 до 8 баллов по шкале МСК [7]. В результате исследования выявлены:

1. Сильная корреляция между интенсивностью и критерием САУ.

2. Хорошая корреляция между спектрами акселерограмм с разной интенсивностью. При этом наблюдается некоторое смещение максимальных ординат спектра в сторону низких частот с ростом интенсивности. Коэффициенты корреляции спектров внутри одной группы интенсивности $>0,9$.

3. Слабая корреляция между амплитудами акселерограмм (не более 0,3).

Коэффициенты в формуле (3) имеют следующие значения: $B = 0,095$, $k = 2$, $C = 0,76$. В качестве исходного спектра линейных осцилляторов принята зависимость, аппроксимирующая спектр землетрясения интенсивностью 4 балла, приведенный к интенсивности 8 баллов:

$$S_{\beta}(T) = 170 T \exp(-9T).$$

На рис. 1 и 2 приведены результаты имитационного моделирования акселерограммы.

Адекватность реальной и построенной этим методом акселерограмм подтверждается не только соответствием спектров реакций линейных осцилляторов (рис. 3, а), но одинаковыми энергетическими критериями САУ (рис. 3, б).

Таким образом, предложенный метод позволяет построить расчетную акселерограмму с заданным спектром и интенсивностью. При этом построенная акселерограмма удовлетворяет энергетическому критерию. В качестве исходного спектра может быть принят откорректированный спектр слабого землетрясения на данной площадке строительства либо учитывающий спектральный состав возводимого здания.

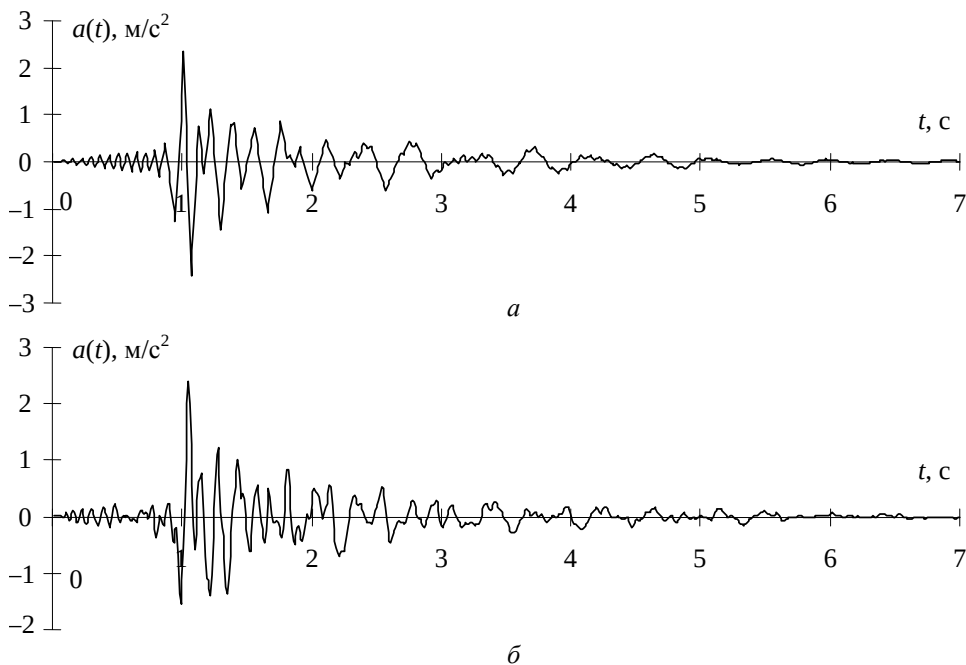


Рис. 1. Синтезированная (а) и реальная (б) акселерограммы

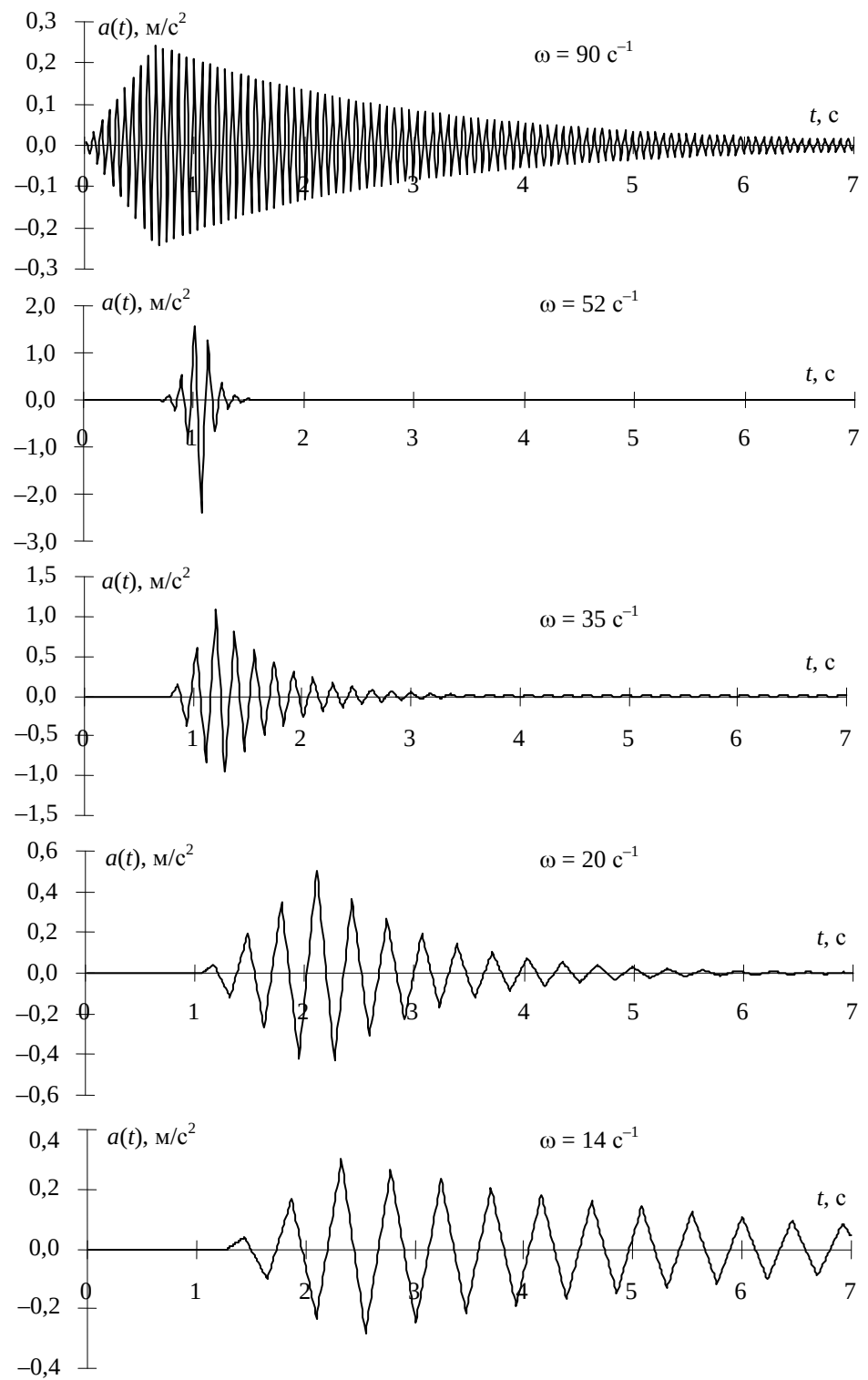


Рис. 2. Компоненты синтезированной акселерограммы

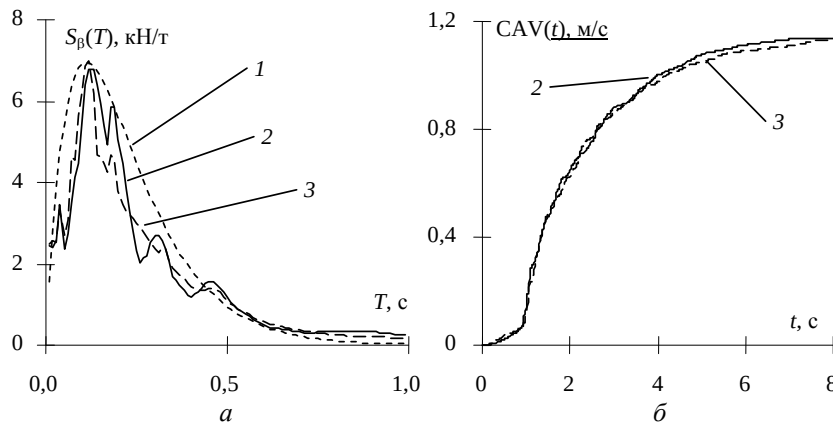


Рис. 3. Спектры реакций линейных осцилляторов (а) и изменения критерия CAV (б): 1 — исходный; 2 — синтезированной акселерограммы; 3 — реальной акселерограммы

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 14.13330.2011. Строительство в сейсмических районах. М. : ОАО «ЦПП», 2011.
2. Arias A. [1970] A measure of earthquake intensity // Seismic design for nuclear power points, (ed. R.J. Hansen) MIT Press, Cambridge, Massachusetts. P. 438—483.
3. EPRI TR-100082. Standardization of the Cumulative Absolute Velocity, Palo Alto, California : Electric Power Research Institute, prepared by Yankee Atomic Electric Company, December 1991.
4. EPRI NP-5930. A Criterion for Determining Expedience of the Operating Basis Earthquake, Palo Alto, California : Electric Power Research Institute, prepared by Jack R. Benjamin and Associates, Inc. July 1988.
5. Корчинский И. Л. Основы проектирования зданий в сейсмических районах. М. : Госстройиздат, 1961. 540 с.
6. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем — искусство и наука / Пер. с англ. М. : Мир, 1978. 418 с.
7. Харланов В. Л., Харланова С. В. Статистический анализ критериев интенсивности землетрясений // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2011. № 1. С. 31—32.
1. SP 14.13330.2011. Stroitel'stvo v seysmicheskikh rayonakh. M. : ОАО «TsPP», 2011.
2. Arias A. [1970] A measure of earthquake intensity // Seismic design for nuclear power points, (ed. R.J. Hansen) MIT Press, Cambridge, Massachusetts. P. 438—483.
3. EPRI TR-100082. Standardization of the Cumulative Absolute Velocity, Palo Alto, California : Electric Power Research Institute, prepared by Yankee Atomic Electric Company, December 1991.
4. EPRI NP-5930. A Criterion for Determining Expedience of the Operating Basis Earthquake, Palo Alto, California : Electric Power Research Institute, prepared by Jack R. Benjamin and Associates, Inc. July 1988.
5. Korchinskiy I. L. Osnovy proektirovaniya zdaniy v seysmicheskikh rayonakh. M. : Gosstroyizdat, 1961. 540 s.
6. Shennon R. Imitatsionnoe modelirovanie sistem — iskusstvo i nauka / Per. s angl. M. : Mir, 1978. 418 s.
7. Kharlanov V. L., Kharlanova S. V. Statisticheskiy analiz kriteriev intensivnosti zemletryaseniy // Seysmoustoykoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzheniy. 2011. № 1. S. 31—32.

© Харланова С. В., 2013

Поступила в редакцию
в мае 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Харланова С. В. Имитационное моделирование акселерограмм землетрясений // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 121—125.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ,
МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ
И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ**

УДК 625.731-047.43

А. С. Любченко

**РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ СРОКОВ СЛУЖБЫ И ПРОВЕДЕНИЯ ДИАГНОСТИКИ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Обоснована актуальность проблемы достоверной оценки и прогнозирования состояния дорожных одежд. Представлен алгоритм прогнозирования состояния автомобильных дорог, разработанный на основе анализа закономерностей изменения коэффициента вариации ровности во времени. Даны рекомендации по назначению межремонтных сроков и планированию диагностики автомобильных дорог.

К л ю ч е в ы е с л о в а: дорожные одежды, оценка качества дорожных одежд, прогнозирование состояния покрытий, мониторинг автомобильных дорог, сроки службы дорожных одежд.

The relevance of the problem of a reliable assessment and forecasting of the state of road surface is proved. The algorithm of forecasting of the state of highways, developed on the basis of the analysis of change regularities of flatness variation coefficient over time is presented. Recommendations on determination of intermaintenance period and to planning of diagnostics of highways are given.

K e y w o r d s: road surface, assessment of the quality of road surface, forecasting of the state of road surface, highways monitoring, service life of road surface.

В связи с предстоящим Чемпионатом мира по футболу в 2018 г. все большую актуальность приобретает вопрос соответствия состояния транспортной системы Волгоградской области требованиям возрастающего трафика и нагрузки на дороги. Финансирование дорожного хозяйства области увеличивается: в 2013 г. оно составило более 7 млрд р., — беспрецедентная за последние годы сумма, из которых 2,8 млрд будет направлено на ремонт и содержание региональных дорожных объектов. Однако, по оценке экспертов, более 70 % из 25 тыс. км региональных дорог не отвечают нормативным требованиям. Поэтому одномоментное качественное преобразование состояния автомобильных дорог даже при условии увеличенного финансирования невозможно. В этой ситуации задачей руководителей дорожной службы является наиболее рациональное распределение выделяемых на ремонт и содержание автомобильных дорог средств, которое, в свою очередь, возможно только при условии достоверной оценки и прогнозирования фактического состояния дорожных одежд.

С этой целью автомобильные дороги регулярно диагностируются. Сведения об автомобильных дорогах, показателях их основных транспортно-эксплуатационных качеств, искусственных сооружениях, движении автотранспортных средств, ДТП, объектах сервиса и т. п. собираются в специальные автоматизированные базы данных. В 2011 г. приказом Росавтодора от 28.12.2011 № 326 был введен в промышленную эксплуатацию отраслевой автоматизированный банк дорожных данных АБДД «Дорога», разработанный ФГУП «Росдорнии», который формируется и систематически обновляется на основе результатов диагностики автомобильных дорог и искусственных сооружений (рис. 1).

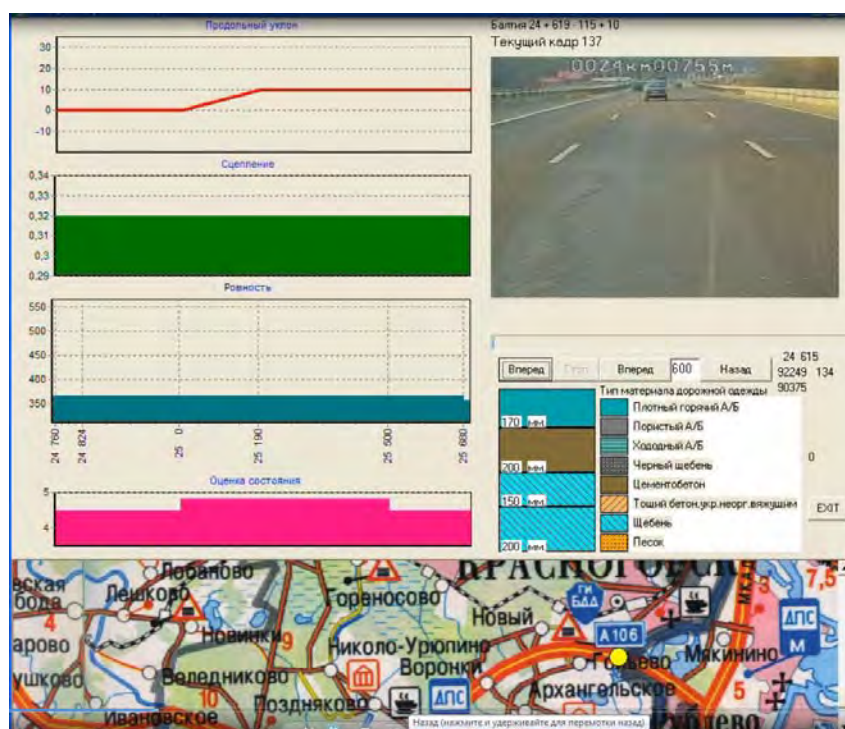


Рис. 1. Автоматизированный банк дорожных данных АБДД «Дорога»

Периодичность диагностики автомобильных дорог регламентируется нормативным документом ОДН 218.0.006-02 [1] (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

*Нормативы объемов работ, периодичность диагностики
и обследований автомобильных дорог*

Параметры и элементы	Федеральные дороги		Местные дороги (территориальные)
	Магистральные	Прочие	
Геометрические параметры плана и профиля (ширина проезжей части и обочин, продольные и поперечные уклоны, радиусы горизонтальных кривых, ширина разделительной полосы и др.)	При первичной диагностике эксплуатируемых дорог.		
	При повторной диагностике только на участках изменения геометрических параметров после проведения соответствующих ремонтных мероприятий или реконструкции		

Окончание табл. 1

Параметры и элементы	Федеральные дороги		Местные дороги (территориальные)
	Магистральные	Прочие	
Ровность покрытия проезжей части: на участках с неудовлетворительной ровностью	Ежегодно	Раз в 2 года	Раз в 3 года
на остальных участках	Раз в 2 года	Раз в 3 года	Раз в 3 года
Сцепные свойства дорожных покрытий	Ежегодно	Раз в 2 года	Раз в 3 года
Визуальная регистрация дефектов дорожных одежд и покрытий с целью определения их состояния	Ежегодно	Ежегодно	Ежегодно
Прочность дорожной одежды, оценка состояния и системы водоотвода: на участках с $k_{пр} < 0,80$; на остальных участках	Ежегодно Раз в 3 года	Ежегодно Раз в 4 года	Раз в 3 года Раз в 5 лет
После проведения работ по ремонту и реконструкции			
Состояние дорожных устройств и обстановки дороги (площадки отдыха, площадки для стоянки автомобилей, автобусные остановки и автопавильоны, дорожные знаки и указатели, ограждения и др.)	Раз в 3 года	Раз в 4 года	Раз в 5 лет
Состояние водопропускных труб	Раз в 3 года	Раз в 4 года	Раз в 5 лет
Учет интенсивности движения и состава транспорта потока	Ежегодно	Раз в 3 года	Раз в 5 лет
Сбор информации об аварийности с выявлением участков концентрации ДТП и их детальным обследованием	Ежегодно	Ежегодно	Ежегодно
Формирование и обновление банка данных о состоянии дорог	Ежегодно	Ежегодно	Ежегодно

Однако, по мнению автора, средства, затрачиваемые на регулярную диагностику автомобильных дорог, более рационально было бы использовать на их восстановление. Это возможно при применении достоверных методик прогнозирования состояния дорожных покрытий.

Предлагаемая автором методика основывается на оценке одного из основных показателей качества автомобильных дорог — ровности покрытия. В результате анализа закономерностей изменения коэффициента вариации ровности во времени была разработана методика прогнозирования надежности дорожных одежд нежесткого типа. Полученные при прогнозировании данные рекомендуется использовать в качестве предпроектных материалов и информационной базы для разработки в установленном порядке проектов капитального ремонта, ремонта и содержания эксплуатируемых дорог, а также назначения периодичности обследований фактического состояния автодорожных покрытий.

Рекомендуемая модель прогнозирования состояния дорожных конструкций предполагает:

- 1) проведение первичной диагностики автомобильной дороги с определением первичной надежности дорожной конструкции;
- 2) определение года эксплуатации, когда резко возрастает интенсивность образования неровностей [2] (рис. 2) ($t_{\text{нач.разр}}$ — время начала разрушения) через максимум функции

$$C_V = a + b \cdot t \cdot \ln t,$$

где C_V — коэффициент вариации показателя ровности; a — коэффициент вариации ровности (рис. 2) в первый год эксплуатации, определяемый при первичной диагностике ($t = 1$); t — годы эксплуатации автомобильной дороги; b, c — параметры уравнения, определяемые в зависимости от интенсивности снижения прочности $\Delta K_{\text{пр}}$ и приращения суммарного числа приложений расчетной нагрузки $\Delta \sum N_p$:

$$b = -0,041 + \frac{0,00093}{\Delta K_{\text{пр}}};$$

$$c^{\frac{1}{2}} = 0,2083 + \frac{1961,58}{\Delta \sum N_p}.$$

- 3) повторное обследование дорожной конструкции в год эксплуатации, соответствующий $t_{\text{нач.разр}}$ (обычно 3—4 года), определение уровня ее надежности;

- 4) соотнесение полученного при повторной диагностике уровня надежности с нормативным (0,75) и предельно допустимым (0,50) уровнем, назначение сроков и вида ремонта, а также состава работ, руководствуясь «Классификацией работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования».

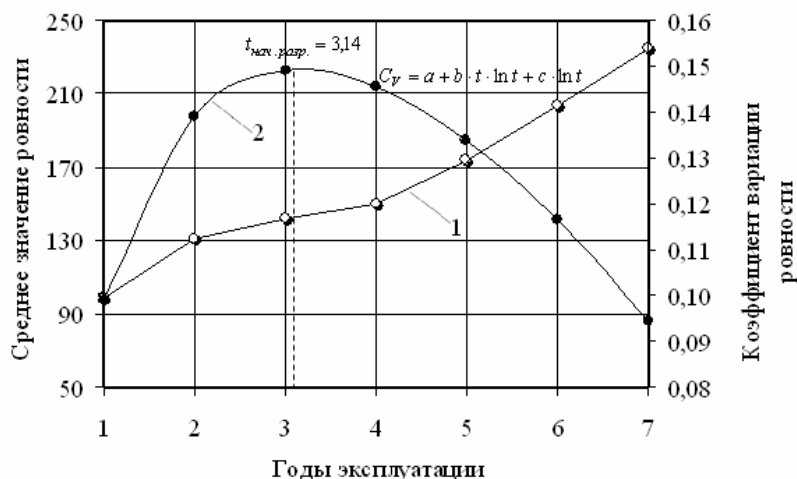


Рис. 2. Зависимость математического ожидания (1) и коэффициента вариации (2) ровности от срока эксплуатации (на примере автомобильной дороги Капчагай — Баканас)

Применение данной методики освобождает от постоянного мониторинга автомобильных дорог, что может значительно сэкономить средства, направляемые на развитие транспортной системы. Получаемые в результате прогнозирования межремонтные сроки, как правило, меньше нормативных значений и в большей степени соответствуют реальным срокам службы покрытий. Действующие в настоящее время нормы межремонтных сроков (табл. 2) закреплены в постановлении Правительства РФ от 23.08.2007 № 539 «О нормативах денежных затрат на содержание и ремонт автодорог федерального значения и правилах их расчета» и приказе Минтранса России от 01.11.2007 № 157 о реализации вышеупомянутого постановления.

Т а б л и ц а 2

Нормы межремонтных сроков

Виды ремонта	Категории дорог				
	I	II	III	IV	V
Капитальный ремонт	12	12	12	12	10
Ремонт	4	4	6	6	5

Однако, как показывает опыт, большинство покрытий автомобильных дорог «не доживают» до срока планируемого ремонта. Поэтому использование получаемых в результате прогнозирования по предлагаемой методике межремонтных сроков более целесообразно с точки зрения эффективного содержания автомобильных дорог и поддержания их транспортно-эксплуатационных качеств на высоком уровне, что подтверждено также расчетом экономического эффекта от применения результатов исследования. Экономическая эффективность связана с увеличением надежности дорожных конструкций, снижением темпов их разрушения, сокращением затрат на диагностику и восстановление разрушенных дорожных одежд, снижением потерь при перевозках, от дорожно-транспортных происшествий, потерь времени пассажиров в пути за счет научно обоснованного планирования диагностики и рационального назначения межремонтных сроков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог : ОДН 218.0.006-02 / М-во транспорта Рос. Федерации. М. : Информавотдор, 2002. 140 с.
2. Любченко А. С. Об изменении коэффициента вариации ровности асфальтобетонных покрытий в процессе эксплуатации // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2008. Вып. 11(30). С. 49—51.
1. Pravila diagnostiki i otsenki sostoyaniya avtomobil'nykh dorog : ODN 218.0.006-02 / M-vo transporta Ros. Federatsii. M. : Informavotdor, 2002. 140 s.
2. Lyubchenko A. S. Ob izmenenii koeffitsienta variatsii rovnosti asfal'tobetonnykh pokrytiy v protsesse ekspluatatsii // Vestnik VolgGASU. Ser.: Stroitel'stvo i arkhitektura. 2008. Vyp. 11(30). S. 49—51.

© Любченко А. С., 2013

Поступила в редакцию
в мае 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Любченко А. С. Рационализация сроков службы и проведения диагностики автомобильных дорог // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 126—130.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 621.928.93

И. В. Бурба, Д. В. Луканин

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО ВВОДА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ НА ВСТРЕЧНЫХ ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКАХ

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния параметров тангенциального ввода на эффективность улавливания пылеуловителя со встречными закрученными потоками. Определены оптимальные значения параметра интенсивности закрутки потока верхнего ввода пылеуловителя серии ВИП.

К л ю ч е в ы е с л о в а: пылеуловитель, встречно закрученные потоки, эффективность пылеулавливания, аэродинамическое сопротивление.

The results of theoretical and experimental studies of the influence of tangential nozzle parameters on the efficiency of dust collectors with counter swirls are provided. The optimal parameter of the intensity of swirl flow of VIP dust collector are determined.

Key words: dust collector, counter swirls, efficiency of a dust collector, aerodynamic resistance.

Пылеуловители на встречных закрученных потоках (ВЗП), характеризующиеся большей эффективностью очистки в сравнении с аппаратами циклонного типа, получают все большее распространение. В настоящий момент достаточно подробно изучено влияние на процесс пылеулавливания таких важных характеристики, как доля расхода подаваемого на нижний ввод пылеуловителя, расход газа подаваемого на очистку, концентрация твердой фазы в пылегазовом потоке, соотношение концентраций первичного и вторичного потоков и т. д. [1, 2]. Результаты же исследований конструктивных характеристик аппаратов ВЗП характеризуются существенно меньшим объемом и в основном сводятся к разработке и исследованиям различных компоновочных схем для систем аспирации и обеспыливающей вентиляции.

Наибольшее влияние на эффективность пылеулавливания и аэродинамическое сопротивление пылеуловителей циклонного типа оказывают характеристики тангенциальных закручивающих вводов, оптимальные значения которых, применительно к аппаратам ВЗП, могут существенно отличаться от таковых значений, характерных для пылеуловителей циклонного типа [3].

С целью оптимизации параметров тангенциального ввода пылеуловителей на встречных закрученных потоках проведены экспериментальные исследования. В качестве параметров оптимизации приняты эффективность пылеулавливания и аэродинамическое сопротивление. При проведении исследований методами планирования эксперимента на основании проведенного

теоретического анализа процесса пылеулавливания в вихревых инерционных аппаратах со встречными закрученными потоками [3] в качестве определяющих факторов были выбраны: Re_{cp} — параметр Рейнольдса, вычисленный по значению среднерасходовой скорости пылегазового потока в сечении сепарационной камеры; Φ_r^* — формпараметр закрутки создаваемый сменным верхним тангенциальным вводом; h/D — заглубление выходного аксиального патрубка в сепарационную камеру, отнесенное к диаметру аппарата; $L_n/L_{общ}$ — отношение расхода поступающего на нижний ввод к общему подаваемому в пылеуловитель.

Формпараметр закрутки (геометрический параметр) представляет собой интегральный параметр закрутки потока, вычисленный исходя из характерных конструктивных размеров [4]. Для тангенциальных закручивателей выражение имеет вид

$$\Phi_r^* = \frac{\pi D(b-a)}{4 ab} \cos \alpha, \quad (1)$$

где D — диаметр цилиндрической части; b — высота сечения тангенциального ввода закручивателя, отнесенная к диаметру цилиндрической камеры; a — ширина сечения тангенциального ввода закручивателя, отнесенная к диаметру цилиндрической камеры; α — угол наклона оси тангенциального патрубка к оси воздуховода.

Для получения математической модели области оптимума в виде уравнения второго порядка на втором этапе исследований был реализован центральный композиционный ортогональный план второго порядка. Для проверки воспроизводимости экспериментального процесса и для проведения статистических оценок результатов эксперимента в ходе разработки экспериментального плана предполагалось проведение двух параллельных серий опытов.

Исходя из результатов корреляционного анализа, все величины, принятые на этапе планирования эксперимента в качестве определяющих факторов, оказывают значимое влияние на эффективность пылеулавливания. Оценка влияния экспериментальных факторов на коэффициент местного сопротивления пылеуловителя показывает, что относительное углубление выходного патрубка не оказывает значимого влияния на исследуемую величину на уровне значимости $\alpha = 0,95$, принятом для инженерного эксперимента [3]. В результате аппроксимации экспериментальных данных полиномом второй степени с учетом значимости вычисленных коэффициентов, определенных при помощи критерия Стьюдента, на уровне значимости $\alpha = 0,05$, принятом для технических экспериментов, получены следующие уравнения регрессии:

$$Re_{cp} = 62\,000;$$

$$\begin{aligned} \eta = & 20,67 + 12,62\Phi_r^8 - 1,49\frac{h}{d} + 167,86\frac{L_n}{L_{общ}} - 0,89(\Phi_r^8)^2 - 0,09\left(\frac{h}{d}\right)^2 - \\ & - 285,02\left(\frac{L_n}{L_{общ}}\right)^2 - 0,11\Phi_r^8\frac{h}{d}\frac{L_n}{L_{общ}}; \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \xi = & 217,26 - 59,29\Phi_{\Gamma}^8 + 27,16\frac{L_{\text{н}}}{L_{\text{общ}}} + 7,81(\Phi_{\Gamma}^8)^2 - 46,2\left(\frac{L_{\text{н}}}{L_{\text{общ}}}\right)^2 + \\ & + 9,56\Phi_{\Gamma}^8\frac{h}{d}\frac{L_{\text{н}}}{L_{\text{общ}}}; \end{aligned} \quad (3)$$

$$Re_{\text{ср}} = 50\,000;$$

$$\begin{aligned} \eta = & 23,30 + 14,23\Phi_{\Gamma}^8 - 1,68\frac{h}{d} + 189,25\frac{L_{\text{н}}}{L_{\text{общ}}} - 1,01(\Phi_{\Gamma}^8)^2 - 0,10\left(\frac{h}{d}\right)^2 - \\ & - 321,33\left(\frac{L_{\text{н}}}{L_{\text{общ}}}\right)^2 - 0,13\Phi_{\Gamma}^8\frac{h}{d}\frac{L_{\text{н}}}{L_{\text{общ}}}; \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \xi = & 235,13 - 64,17\Phi_{\Gamma}^8 + 27,23\frac{L_{\text{н}}}{L_{\text{общ}}} + 8,45(\Phi_{\Gamma}^8)^2 - 50,0\left(\frac{L_{\text{н}}}{L_{\text{общ}}}\right)^2 + \\ & + 10\Phi_{\Gamma}^8\frac{h}{d}\frac{L_{\text{н}}}{L_{\text{общ}}}; \end{aligned} \quad (5)$$

$$Re_{\text{ср}} = 38\,000;$$

$$\begin{aligned} \eta = & 18,38 + 11,22\Phi_{\Gamma}^8 - 1,33\frac{h}{d} + 149,32\frac{L_{\text{н}}}{L_{\text{общ}}} - 0,79(\Phi_{\Gamma}^8)^2 - 0,08\left(\frac{h}{d}\right)^2 - \\ & - 253,53\left(\frac{L_{\text{н}}}{L_{\text{общ}}}\right)^2 - 0,10\Phi_{\Gamma}^8\frac{h}{d}\frac{L_{\text{н}}}{L_{\text{общ}}}; \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \xi = & 249,71 - 68,15\Phi_{\Gamma}^8 + 28,91\frac{L_{\text{н}}}{L_{\text{общ}}} + 8,97(\Phi_{\Gamma}^8)^2 - 53,10\left(\frac{L_{\text{н}}}{L_{\text{общ}}}\right)^2 + \\ & + 10,99\Phi_{\Gamma}^8\frac{h}{d}\frac{L_{\text{н}}}{L_{\text{общ}}}. \end{aligned} \quad (7)$$

Дисперсия аппроксимации экспериментальных данных полиномами второй степени составляет, соответственно, $R^2 = 0,983$ и $R^2 = 0,975$.

На рис. 1, а—в приведены зависимости эффективности пылеулавливания аппарата ВИП от геометрического параметра эффективности закрутки верхнего ввода при различных значениях критерия Рейнольдса. Полученные результаты показывают, что оптимальные значения $Re_{\text{ср}}$ лежат в пределах 4700...5200 при любых сочетаниях экспериментальных факторов. Данный результат хорошо сочетается с данными, полученными для пылеуловителей типа ВЗП.

Как следует из приведенных результатов, эффективность улавливания существенно возрастает при увеличении интенсивности закрутки потока в верхнем вводе во всем диапазоне варьирования экспериментальных факторов. Это объясняется увеличением центробежной силы, действующей на пылевидные частицы. Однако по мере увеличения интенсивности закрутки потока в верхнем вводе простот эффективности плавно снижается, предположительно вследствие

повышения турбулентности в пристеночной зоне. На практике повышение величины Φ_r^* до величин выше 5,5 не желательно в виду существенного повышения аэродинамического сопротивления пылеуловителя. Так, например, при увеличении интенсивности закрутки с $\Phi_r^* = 5$ до $\Phi_r^* = 6$ происходит увеличение коэффициента местного сопротивления пылеуловителя на величину 48...52 % в зависимости от режима работы. Совместный анализ экспериментальных данных по эффективности пылеулавливания и аэродинамическому сопротивлению позволяет считать оптимальным значения интенсивности закрутки верхнего ввода аппаратов ВИП лежащим в пределах $\Phi_r^* = 5,2...5,4$.

Следует отметить, что данные значения интенсивности закрутки больше аналогичных значений пылеуловителей циклонного типа. Этот факт вероятно объясняется отличной кинематической картиной в сепарационной камере аппаратов типа ВЗП и ВИП, обусловленной наличием вторичного закрученного потока.

Данные, представленные на рис. 2 (а—в), характеризуют зависимость эффективности пылеулавливания аппарата ВИП от относительного углубления выходного патрубка при различных значениях Re_{cp} . Зависимость имеет монотонно убывающий характер во всем диапазоне варьирования экспериментальных факторов. Следует отметить, что полученные данные существенно отличаются от результатов аналогичных экспериментов с обычными пылеуловителями циклонного типа.

Так, например, для пылеуловителей серии ЦН, послуживших прототипами для аппаратов серии ВЗП, величина оптимального углубления лежит в пределах 2...2,5. Причем эффективность циклона резко снижается при уменьшении значений h/D . Снижение эффективности улавливания в данном случае объясняется тем, что часть потока, поступившего в сепарационную камеру по входному патрубку, не успевает приобрести закрутку и направляется по пути наименьшего сопротивления в выходной патрубок, минуя сепарационную камеру. При этом, чем меньше расстояние между нижней стенкой входного патрубка и торцом выходного, тем большее количество пылегазовой смеси минует сепарационную камеру, снижая степень очистки.

Применительно к пылеуловителям на встречных закрученных потоках наблюдается принципиально иная картина. Вторичный закрученный поток, направленный вертикально вверх, расширяется под действием центробежной силы. Однако по мере подъема по сепарационной камере, при приближении к входному сечению патрубка очищенного газа он начинает испытывать влияние аэродинамических сил, направляющих его в приосевую зону, к источнику разрежения. При этом пылевые частицы, не успевшие достичь пристеночной зоны сепарационной камеры, увлекаются в выходной патрубок.

Кроме того, при уменьшении углубления выходного патрубка на аппаратах типа ВИП и ВЗП в сравнении с пылеуловителями циклонного типа менее выражен эффект перетекания первичного потока в выходной патрубок вследствие отжатия его в пристеночную область вторичным закрученным потоком.

Таким образом, снижение величины углубления выходного патрубка позволяет повысить среднюю интенсивность закрутки вторичного потока, от которой в существенной мере зависит эффективность работы пылеуловителей на встречных закрученных потоках. Также следует отметить, что уменьшение значения величины h/D ниже 1,4 приводит к резкому ступенчатому снижению эффективности улавливания аппарата. Поэтому на этапе планирования данное значение выбрано в качестве минимального по результатам предварительных экспериментов.

Как видно из рис. 3, 4, изменение величины углубления выходного патрубка не оказывает значимого влияния на аэродинамическое сопротивление пылеуловителя. Поэтому, обобщая результаты экспериментальных исследований, в качестве оптимального значения углубления выходного патрубка в сепарационную камеру следует принять $h/D = 1,4$.

Выводы:

1. Экспериментально установлено повышение эффективности пылеулавливания аппарата ВИП при увеличении параметра закрутки потока верхнего ввода. Совместный анализ экспериментальных данных по эффективности пылеулавливания и аэродинамическому сопротивлению позволяет считать оптимальным значения интенсивности закрутки верхнего ввода аппаратов ВИП, лежащим в пределах $\Phi_{\Gamma}^* = 5,2 \dots 5,4$.

2. Экспериментально установлено, что максимальная эффективность улавливания достигается в диапазоне значений $L_{\text{н}}/L_{\text{общ}} = 0,28 \dots 0,32$ во всем диапазоне варьирования экспериментальных факторов.

3. Выявлено отсутствие значимого влияния относительного углубления выходного патрубка на коэффициент местного сопротивления пылеуловителя ВИП во всем диапазоне варьирования факторов.

4. Экспериментально установлено, что оптимальным значением относительного углубления выходного патрубка в сепарационную камеру следует принять $h/D = 1,4$, что существенно меньше значений характерных для пылеуловителей циклонного типа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Азаров В. Н.* Пылеуловители со встречными закрученными потоками. Опыт внедрения. Волгоград, 2003.
2. *Азаров В. Н., Сергина Н. М.* Системы пылеулавливания с инерционными аппаратами в производстве строительных материалов // *Строительные материалы*. 2003. № 8. С. 14—15.
3. *Бурба И. В.* Влияние интенсивности закрутки верхнего ввода на эффективность улавливания аппарата ВЗП // *Проблемы охраны производственной и окружающей среды*. 2013. № 5. С. 29—31.
4. *Щукин В. К., Халатов А. А.* Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах. М. : Машиностроение, 1982. 200 с.
1. *Azarov V. N.* Pyleuloviteli so vstrechnymi zakruchennymi potokami. Opyt vnedreniya. Volgograd, 2003.
2. *Azarov V. N., Sergina N. M.* Sistemy pyleulavlivaniya s inertsionnymi apparatami v proizvodstve stroitel'nykh materialov // *Stroitel'ne materialy*. 2003. № 8. S. 14—15.
3. *Burba I. V.* Vliyanie intensivnosti zakrutki verkhnego vvoda na effektivnost' ulavlivaniya apparata VZP // *Problemy okhrany proizvodstvennoy i okruzhayushchey sredy*. 2013. № 5. S. 29—31.
4. *Shchukin V. K., Khalatov A. A.* Teploobmen, massoobmen i gidrodinamika zakruchennykh potokov v osesimmetrichnykh kanalakh. M. : Mashinostroenie, 1982. 200 s.

© Бурба И. В., Луканин Д. В., 2013

Поступила в редакцию
в июне 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Бурба И. В., Луканин Д. В. Влияние параметров тангенциального ввода на эффективность пылеуловителей на встречных закрученных потоках // *Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит.* 2013. Вып. 33(52). С. 131—138.

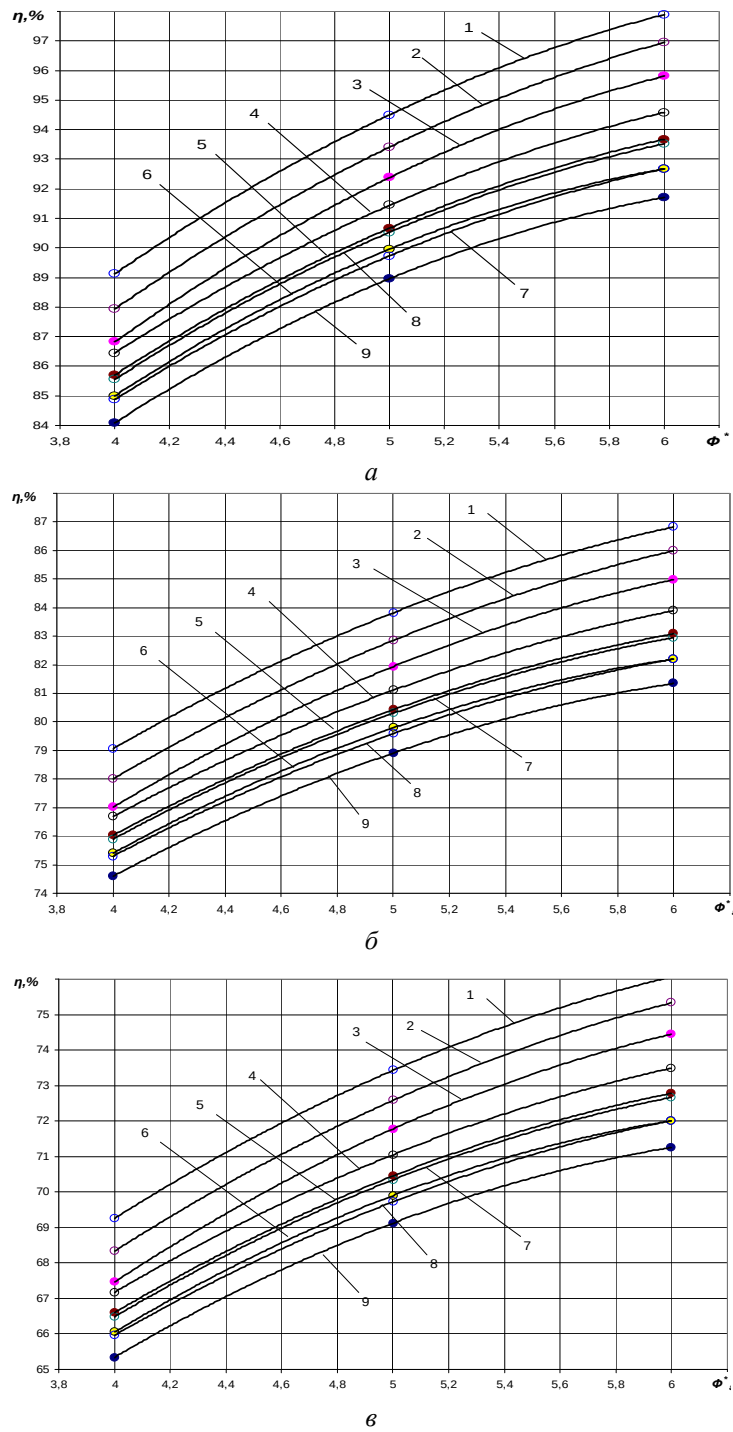
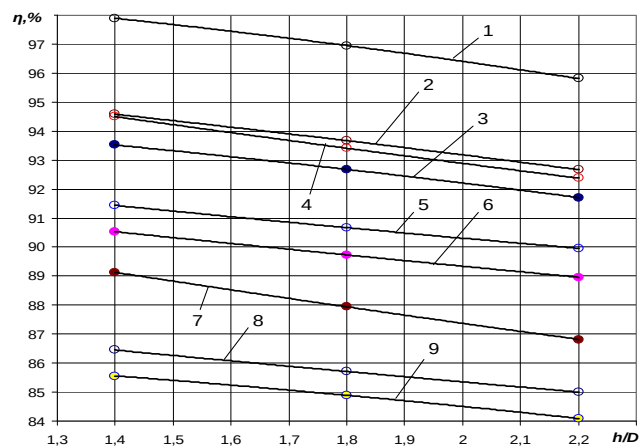
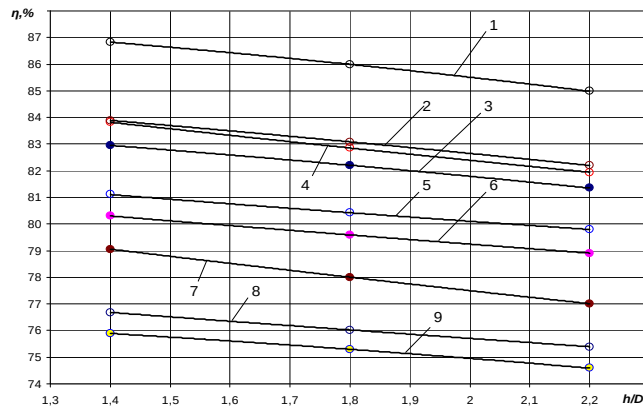


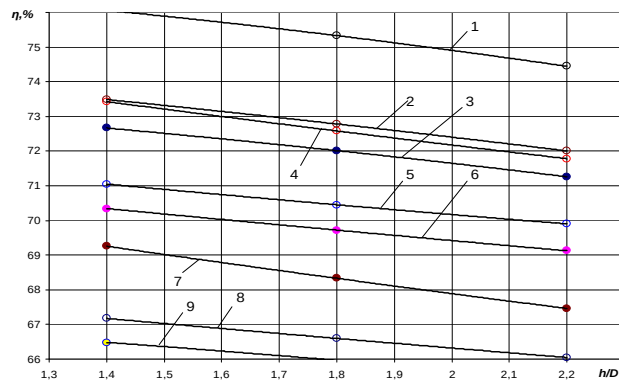
Рис. 1. Зависимость эффективности пылеулавливания аппарата ВИП от геометрического параметра эффективности закрутки верхнего ввода $\eta(\Phi_r^*)$ при *a* — $Re = 50\,000$; *б* — $Re = 62\,000$; *в* — $38\,000$: 1 — $L_h/L_{общ} = 0,3$, $h/d = 1,4$; 2 — $L_h/L_{общ} = 0,3$, $h/d = 1,8$; 3 — $L_h/L_{общ} = 0,3$, $h/d = 2,2$; 4 — $L_h/L_{общ} = 0,2$, $h/d = 1,4$; 5 — $L_h/L_{общ} = 0,2$, $h/d = 1,8$; 6 — $L_h/L_{общ} = 0,2$, $h/d = 2,2$; 7 — $L_h/L_{общ} = 0,4$, $h/d = 1,4$; 8 — $L_h/L_{общ} = 0,4$, $h/d = 1,8$; 9 — $L_h/L_{общ} = 0,4$, $h/d = 2,2$



a



б



в

Рис. 2. Зависимость эффективности пылеулавливания аппарата ВИП от относительного углубления выходного патрубка $\eta(h/D)$ при $Re = 50\,000$ (*a*); $Re = 62\,000$ (*б*); $Re = 38\,000$ (*в*): 1 — $\Phi_r^* = 6$, $L_H/L_{общ} = 0,3$; 2 — $\Phi_r^* = 6$, $L_H/L_{общ} = 0,2$; 3 — $\Phi_r^* = 6$, $L_H/L_{общ} = 0,4$; 4 — $\Phi_r^* = 5$, $L_H/L_{общ} = 0,3$; 5 — $\Phi_r^* = 5$, $L_H/L_{общ} = 0,2$; 6 — $\Phi_r^* = 5$, $L_H/L_{общ} = 0,4$; 7 — $\Phi_r^* = 4$, $L_H/L_{общ} = 0,3$; 8 — $\Phi_r^* = 4$, $L_H/L_{общ} = 0,2$; 9 — $\Phi_r^* = 4$, $L_H/L_{общ} = 0,4$

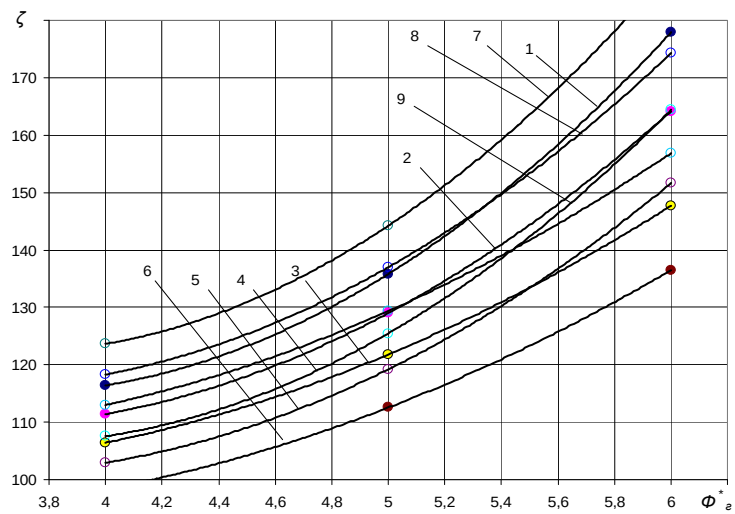


Рис. 3. Зависимость коэффициента местного сопротивления аппарата ВИП от геометрического параметра эффективности закрутки верхнего ввода $\zeta(\Phi_r^*)$:
 1 — $Re = 50\,000$, $L_h/L_{общ} = 0,3$; 2 — $Re = 50\,000$, $L_h/L_{общ} = 0,2$; 3 — $Re = 50\,000$, $L_h/L_{общ} = 0,4$;
 4 — $Re = 62\,000$, $L_h/L_{общ} = 0,3$; 5 — $Re = 62\,000$, $L_h/L_{общ} = 0,2$; 6 — $Re = 62\,000$, $L_h/L_{общ} = 0,4$;
 7 — $Re = 38\,000$, $L_h/L_{общ} = 0,3$; 8 — $Re = 38\,000$, $L_h/L_{общ} = 0,2$; 9 — $Re = 38\,000$, $L_h/L_{общ} = 0,4$

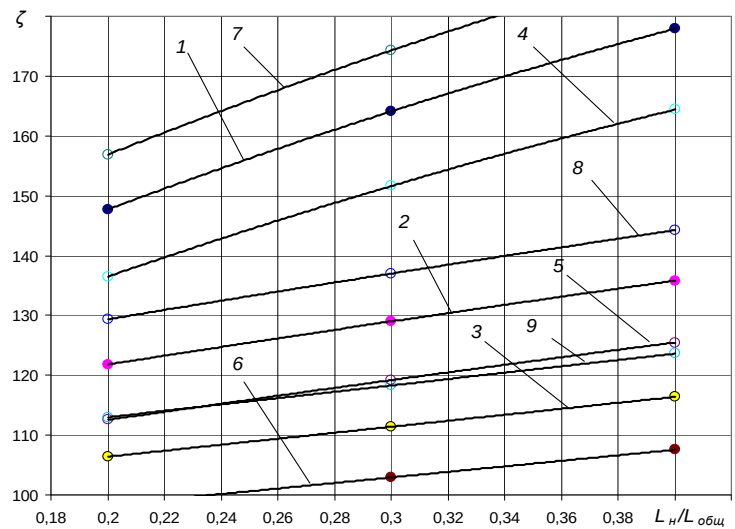


Рис. 4. Зависимость коэффициента местного сопротивления аппарата ВИП от отношения расхода нижнего ввода к общему, подаваемому на очистку $\zeta(L_h/L_{общ})$:
 1 — $Re = 50\,000$, $\Phi_r^* = 6$; 2 — $Re = 50\,000$, $\Phi_r^* = 5$; 3 — $Re = 50\,000$, $\Phi_r^* = 4$; 4 — $Re = 62\,000$, $\Phi_r^* = 6$;
 5 — $Re = 62\,000$, $\Phi_r^* = 5$; 6 — $Re = 62\,000$, $\Phi_r^* = 4$; 7 — $Re = 38\,000$, $\Phi_r^* = 6$;
 8 — $Re = 38\,000$, $\Phi_r^* = 5$; 9 — $Re = 38\,000$, $\Phi_r^* = 4$

УДК 628.511.1:666.965

Н. Ю. Клименти, О. С. Власова, М. А. Николенко

О СВОЙСТВАХ ПЫЛИ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА

Исследованы физико-химические свойства пыли, содержащейся в выбросах источников предприятия по производству силикатного кирпича.

К л ю ч е в ы е с л о в а: производство силикатного кирпича, свойства пыли, дисперсный состав, химический состав пыли.

Physical and chemical properties of dust contained in the emission sources of an enterprise producing limestone bricks are investigated.

К е y w o r d s: limestone brick production, dust properties, dispersion composition, chemical composition of dust.

Производство силикатного кирпича сопряжено со значительными пылевыделениями в рабочую зону, так как в технологический процесс состоит в основном из таких операций, как пересыпка, дробление, просев, помол, транспортировка, погрузка порошкообразных материалов (пыли извести, пыли песчано-известковой смеси, пыли известняка).

Фактическая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны зачастую значительно превышает предельно допустимую концентрацию. Повышенное содержание силикатной пыли приводит к возникновению таких профессиональных заболеваний, как пневмокониоз, силикоз и др. Пыль извести при попадании на кожу вызывает химические раздражения и даже ожоги.

Пыль различается своими размерами и формой частиц. Частицы пыли бывают видимые — размером более 10 мкм, микроскопические — 0,25...10 мкм и ультрамикроскопические — менее 0,25 мкм. Чем мельче частицы пыли, тем дольше они находятся в воздухе в виде аэрозоля и тем легче в процессе дыхания попадают в организм человека.

При выборе средств индивидуальной и коллективной защиты органов дыхания работающих необходимо учитывать свойства пыли, витающей в воздухе рабочей зоны.

Одним из основных свойств пыли является дисперсный состав. Для измерения дисперсного состава пыли, содержащейся в выбросах источников завода силикатного кирпича, применялась усовершенствованная методика микроскопического анализа с применением ПК и программы цифровой обработки отсканированного изображения DUST [1]. На основании проведенного анализа построены интегральные кривые распределения массы частиц пыли по диаметрам в вероятностно-логарифмической сетке отобранной:

- 1) в воздухе рабочей зоны цеха помола извести;
- 2) в воздухе рабочей зоны силосного цеха гашения силикатной массы.

Анализ кривых на рис. 1 показал, что диапазон изменения крупности пыли в воздухе рабочей зоны цеха помола извести составляет 1,0...10 мкм, $d_{50} = 7,2$ мкм. Пыль в силосном цехе гашения силикатной массы (рис. 2) имеет медианный диаметр 22 мкм. Диапазон изменения крупности 2,5...30 мкм.

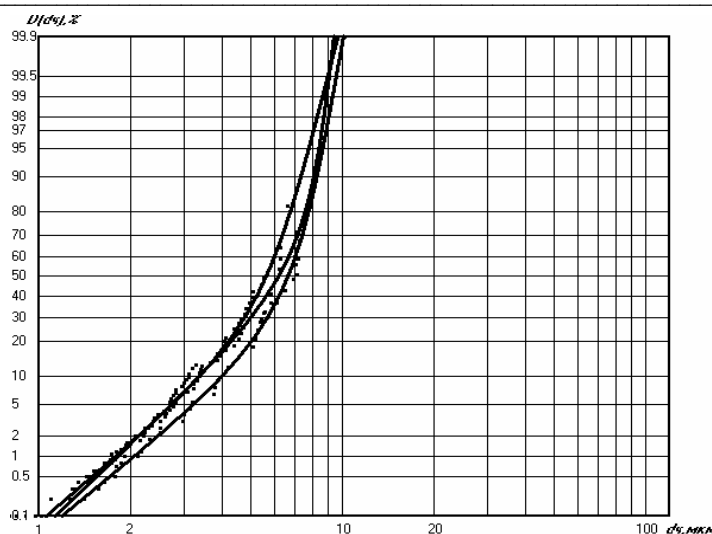


Рис. 1. Дисперсный состав частиц пыли в рабочей зоне цеха помола извести

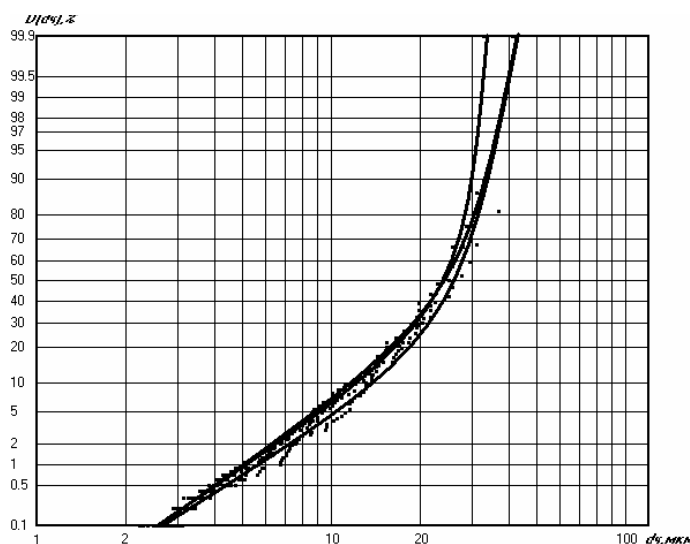


Рис. 2. Дисперсный состав частиц пыли в рабочей зоне силосного цеха гашения силикатной массы

При решении задач охраны труда и экологической безопасности проф. В. А. Минко, В. Н. Азаров показали, что дисперсный состав пыли отобранной из инженерно-экологических систем и воздуха рабочей зоны, подчиняется усеченному логарифмически нормальному закону [2, 3].

Для приближенного описания интегральной функции распределения характеристик пыли был использован метод аппроксимации непрерывными линейными и нелинейными функциями с использованием двухзвенного сплайна. Для этого на основании экспериментального исследования область значений всех размеров частиц δ разобьем на два участка: первый участок $\delta \leq \delta_{кр}$, второй участок $\delta_{кр} \leq \delta_{max}$. В соответствии с [4] на втором участке линейную функцию заменим гиперболической.

Тогда функция $D(\delta)$ может быть представлена в виде

$$D(\delta) = \begin{cases} D_1(Y_1(\delta)), & \delta \leq \delta_{\text{кр}}, \\ D_2(Y_2(\delta)), & \delta_{\text{кр}} < \delta \leq \delta_{\text{max}}, \end{cases} \quad (1)$$

где $\delta_{\text{кр}}$ — место «склейки» кривых; δ_{max} — максимальный размер частиц, полученный в результате экспериментальных исследований.

При преобразовании координат D и δ в логарифмически нормальную сетку (x, y) связь между координатами описывается выражением

$$x = \lg \delta \text{ и } D = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^y e^{-\frac{x^2}{2}} dx. \quad (2)$$

При этом функции $Y_1(\delta)$ и $Y_2(\delta)$ являются трехпараметрическими, т. е. зависят от x, y_0 и k и имеют вид

$$Y_1 = y_0 + kx;$$

$$Y_2 = a + \frac{b}{x_{\text{max}} - x_{\text{кр}}},$$

где коэффициенты a и b выражаются через y_0, k и $x_{\text{кр}}$ из условия равенства функций Y_1 и Y_2 и их производных в точке «склейки».

Если имеем N экспериментальных пар значений (D_i, δ_i) , то по соотношению (2) получим N пар значений (Y_i, x_i) .

И пусть $\varepsilon_i(x_i)$ — отклонение искомой теоретической функции $Y(x)$ в точке $x = x_i$ от экспериментального значения $Y(x_i)$, $\bar{\varepsilon}_i$ — вектор-столбец из ε_i .

Тогда для искомой трехпараметрической функции Y получена система уравнений:

$$Y_1 = \begin{cases} y_0 + k(x_i - x_{\text{кр}}) + \varepsilon_i, & \text{если } x_i \leq x_{\text{кр}}, \\ y_0 + k \left[-1 + \frac{(x_{\text{max}} - x_{\text{кр}})^2}{x_{\text{max}} - x_i} \right] + \varepsilon_i, & \text{если } x_{\text{max}} \geq x_i \geq x_{\text{кр}} \end{cases}.$$

Искомая функция Y должна быть выбрана из условия минимума квадратичной формы $\sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2 = \varepsilon^T \varepsilon$ при изменении трех параметров: x, y_0, k .

Исследование химического состава пыли, витающей в рабочей зоне цехов: помола извести и гашения силикатной массы завода по производству силикатного кирпича, выполнялось рентгеноспектральным флуоресцентным методом (РФА) на анализаторе ARL-Advant'x с Rh-анодом рентгеновской трубки.

В результате проведенного анализа выявлено, что содержание элементов в процентном соотношении в навеске пыли, взятой в воздухе рабочей зоны цеха гашения силикатной массы, составляет: легкие элементы — 68,73 %, Ca — 24,94 %, Si — 4,16 %, Mg — 1,64 %, Al — 0,21 %, Fe — 0,19 %, K — 0,04 %, S — 0,02 %, P — 0,01 %.

В результате проведенного анализа выявлено, что содержание элементов в процентном соотношении в навеске пыли в воздухе рабочей зоны цеха помола извести составляет: легкие элементы — 68,6 %, Ca — 29,56 %, Si — 4,63 %, Mg — 1,63 %, Al — 0,16 %, Fe — 0,25 %, K — 0,04 %, S — 0,03 %, P — 0,02 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Азаров В. Н., Юркъян В. Ю., Сергина Н. М.* Методика микроскопического анализа дисперсного состава пыли с применением персонального компьютера (ПК) // Законодательная и прикладная метрология. 2004. № 1. С. 46—48.
2. *Азаров В. Н., Есина Е. Ю.* О дисперсном составе пыли в системах обеспыливания вентиляции строительных производств // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2008. № 11(30). С. 119—122.
3. *Азаров В. Н., Есина Е. Ю.* Анализ дисперсного состава пыли в техносфере : учеб. пособие. Волгоград, 2008. 46 с.
4. *Пономарева Н. С., Гладков Е. В., Шибakov В. А.* Совершенствование расчетной модели для аппроксимационного представления интегральной функции распределения массы частиц по диаметрам пыли в воздухе рабочей зоны и инженерно-экологических системах // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды : материалы X Междунар. науч. конф. Волгоград : ВолгГАСУ, 2012. С. 31—37.
1. *Azarov V. N., Yurk"yan V. Yu., Sergina N. M.* Metodika mikroskopicheskogo analiza dispersnogo sostava pyli s primeneniem personal'nogo komp'yutera (PK) // Zakonodatel'naya i prikladnaya metrologiya. 2004. № 1. S. 46—48.
2. *Azarov V. N., Esina E. Yu.* O dispersnom sostave pyli v sistemakh obespylivaniya ventilyatsii stroitel'nykh proizvodstv // Vestnik VolgGASU. Ser.: Stroitel'stvo i arkhitektura. 2008. № 11(30). S. 119—122.
3. *Azarov V. N., Esina E. Yu.* Analiz dispersnogo sostava pyli v tekhnosfere : ucheb. posobie. Volgograd, 2008. 46 s.
4. *Ponomareva N. S., Gladkov E. V., Shibakov V. A.* Sovershenstvovanie raschetnoy modeli dlya approksimatsionnogo predstavleniya integral'noy funktsii raspredeleniya massy chastits po diametram pyli v vozdukhie rabochey zony i inzhenerno-ekologicheskikh sistemakh // Kachestvo vnutrennego vozdukha i okruzhayushchey sredy : materialy X Mezhdunar. nauch. konf. Volgograd : VolgGASU, 2012. S. 31—37.

© Клименти Н. Ю., Власова О. С., Николенко М. А., 2013

Поступила в редакцию
в июне 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Клименти Н. Ю., Власова О. С., Николенко М. А. О свойствах пыли в воздухе рабочей зоны на предприятиях по производству силикатного кирпича // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 139—142.

УДК 621.928.93

Д. В. Луканин**ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ НИЖНЕГО ВХОДНОГО ПАТРУБКА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ НА ВСТРЕЧНЫХ ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКАХ**

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния длины нижнего входного патрубка на эффективность улавливания пылеуловителя со встречными закрученными потоками. Определены оптимальные значения параметра длины нижнего патрубка пылеуловителя серии ВЗП.

К л ю ч е в ы е с л о в а: пылеуловитель, встречно закрученные потоки, эффективность пылеулавливания.

The results of theoretical and experimental studies of the influence of the length underlying inlet nipple on the efficiency of dust collectors with counter swirls are provided. The optimal parameter of the intensity of swirl flow of VZP dust collector are determined.

К е y w o r d s: dust collector, counter swirls, efficiency of dust collector.

Широкое применение в промышленных системах аспирации нашли аппараты на встречных закрученных потоках (ВЗП), которые, несмотря на наличие различных исследований, все еще недостаточно изучены в области влияния на процесс пылеулавливания различных конструктивных параметров аппарата, одним из которых является длина нижнего входного патрубка.

Экспериментальные исследования пылеуловителя ВЗП, который снабжен патрубком нижнего ввода пылегазового потока с изменяемой длиной, проводились на экспериментальной установке, представленной на рис. 1.

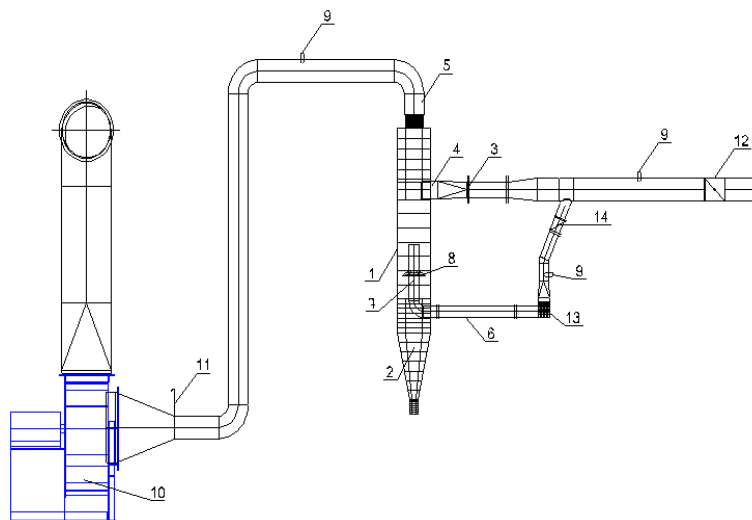


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования эффективности и аэродинамического сопротивления аппарата ВЗП, который снабжен патрубком нижнего ввода пылегазового потока с изменяемой длиной: 1 — цилиндрический корпус; 2 — пылевой бункер; 3 — верхний тангенциальный входной патрубок; 4 — улиточный завихритель; 5 — верхний выходной осевой патрубок; 6 — нижний входной патрубок; 7 — V-образный рассекающий элемент; 8 — отбойная шайба; 9 — штуцер для проведения замеров; 10 — вентилятор; 11 — шибер; 12 — заслонка; 13 — тангенциальный завихритель нижнего патрубка; 14 — заслонка

Основным элементом установки является вихревой инерционный пылеуловитель со встречными закрученными потоками ВЗП, имеющий цилиндрический корпус диаметром 150 мм, выполненный из оргстекла. Размеры основных элементов (высота и ширина верхнего ввода первичного потока; диаметр патрубка нижнего ввода вторичного потока; диаметр отбойной шайбы и т. д.) приняты в соответствии с соотношением конструктивных параметров, характерных для аппаратов ВЗП [1].

В ходе экспериментов были исследованы три режима работы установки с длинами нижнего патрубка 5, равными соответственно одному диаметру ВЗП (150 мм), двум (300 мм) и трем диаметрам (450 мм). Выбор диапазона изменения длин l был обусловлен распространенностью в производстве данных значений.

Основной целью исследования является установка зависимости эффективности улавливания пыли производства силикатного кирпича аппаратом ВЗП с изменяемой длиной нижнего ввода l от общего расхода пылегазового потока через установку, доли расхода через нижний вход в аппарат ВЗП, относительной концентрации поступающей пыли на очистку, а также в зависимости от режима работы установки, который определяется длиной нижнего входного патрубка. Исследование эффективности улавливания производилось на пыли от производства силикатного кирпича (массозаготовительный участок) плотностью $\rho = 830 \text{ кг/м}^3$ и медианным диаметром частиц 21 мкм. Экспериментальные замеры проводились в соответствии с принятыми стандартными методиками [2, 3]. Оценка эффективности улавливания осуществлялась на основе сопоставления поступающей и выходящей массы пыли, определяемых путем отбора проб и измерений в замерных сечениях воздухопроводов. Для измерения запыленности использовался стандартный комплект пылезаборного оборудования, разработанного и изготовленного НИИОГАЗ. Отбор проб осуществлялся одновременно во всех замерных сечениях, этим обеспечивалась идентичность отбора проб в каждом из сечений режиму работы системы и поступления пыли [4]. По величинам давлений, измеряемых в воздухопроводах при помощи микроманометров ММН-250 и трубок Прандтля, определялись: общий расход воздуха в установке; соотношение расходов пылегазовой смеси в верхних и нижних вводах пылеулавливающего аппарата. Концентрация пыли на входе в систему обеспечивалась задаваемым временем загрузки, фиксируемым по секундомеру, и расчетной массой исходной загрузки, определяемой по формуле [5]:

$$G_0 = \frac{c_0 L}{60} \tau, \quad (1)$$

где G_0 — масса исходной загрузки, г; c_0 — заданная исходная концентрация на входе в систему, г/м^3 ; L — производительность установки по воздуху, $\text{м}^3/\text{с}$; τ — время загрузки материала, мин.

При проведении исследований методами планирования эксперимента по определению эффективности пылеулавливания в вихревом инерционном аппарате со встречными закрученными потоками в качестве варьируемых

факторов были выбраны: $L_{\text{общ}}$ — общий расход газа в системе, $\text{м}^3/\text{ч}$; $L_{\text{н}}/L_{\text{общ}}$ — доля расхода газа, подаваемого в аппарат через нижний ввод; c — относительная концентрация поступающей пыли на очистку, отнесенная к $1 \text{ г}/\text{м}^3$ (табл.).

Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы	Интервалы варьирования	Уровни факторов		
		Основной 0	Верхний +1	Нижний -1
x_1 — общий расход, $\text{м}^3/\text{ч}$	20	100	120	80
x_2 — доля расхода газа через нижний ввод	0,1	0,3	0,4	0,2
x_3 — концентрация пыли на очистку, отнесенная к $1 \text{ г}/\text{м}^3$	20	40	60	20

При использовании математической модели в виде полинома второго порядка были использованы планы на трех уровнях типа $3n$ (где $n = 3$ — число факторов), при этом были реализованы все возможные неповторяющиеся комбинации уровней исследуемых факторов (полный факторный эксперимент) [5]. При переходе от матрицы планирования к рабочей матрице эксперимента использовалось следующее преобразование:

$$x_i = \frac{\bar{x}_i - \bar{x}_{i0}}{\Delta I_i}, \quad (2)$$

где x_i — кодированное значение фактора; $\bar{x}_i$ — натуральное значение фактора; $\bar{x}_{i0}$ — натуральное значение основного уровня; I_i — интервал варьирования значений фактора.

Эксперименты проводились для каждого режима работы установки с длинами нижнего патрубка l , равными соответственно одному диаметру ВЗП (150 мм), двум (300 мм) и трем диаметрам (450 мм) в отдельности.

Проведенные исследования, согласно плану эксперимента, с учетом временного дрейфа и рандомизации [5] позволили получить данные для трех режимов. Адекватность уравнений эксперименту определялась по критерию Фишера. Обработка результатов экспериментальных исследований позволила получить регрессионные зависимости вида $\eta = \eta(L_{\text{общ}}, L_{\text{н}}/L_{\text{общ}}, \bar{c})$. Полученные результаты эффективности улавливания силикатной пыли аппаратом ВЗП в зависимости от общего расхода газа в системе, доли расхода газа, подаваемого в аппарат через нижний ввод, относительной концентрации поступающей на очистку пыли представлены на рис. 2—10.

Уравнение регрессии будет иметь вид

$$Y = 88,75 + 0,00503X_1 + 0,000639X_2 - 1,42X_3;$$

$$Y = 88,75 - 4,999L_{\text{общ}} - 2,993L_{\text{н}}/L_{\text{общ}} - 1,929\bar{c}.$$

Уравнение регрессии будет иметь вид

$$Y = 88,77 - 0,00711X_1 + 0,000639X_2 + 1,01X_3;$$

$$Y = 88,77 - 5L_{\text{общ}} - 2,993 \cdot L_{\text{н}}/L_{\text{общ}} - 1,949\bar{c}.$$

Уравнение регрессии будет иметь вид

$$Y = 89,01 + 0,000639X_1 - 1,42X_2 + 0,00503X_3;$$

$$Y = 89,01 - 5L_{\text{общ}} - 17,2L_{\text{н}}/L_{\text{общ}} - 1,999\bar{c}.$$

Уравнение регрессии будет иметь вид

$$Y = 91,23 + 1,72X_1 + 0,00514X_2 + 0,0374X_3;$$

$$Y = 91,23 - 4,9L_{\text{общ}} - 2,94L_{\text{н}}/L_{\text{общ}} - 1,998\bar{c}.$$

Уравнение регрессии будет иметь вид

$$Y = 92,59 + 0,00858X_1 + 0,00514X_2 + 7,48X_3;$$

$$Y = 92,59 - 4,99L_{\text{общ}} - 2,94L_{\text{н}}/L_{\text{общ}} - 1,626\bar{c}.$$

Уравнение регрессии будет иметь вид

$$Y = 93,17 + 0,00514X_1 + 1,72X_2 + 0,0374X_3;$$

$$Y = 93,17 - 4,99L_{\text{общ}} - 14,2L_{\text{н}}/L_{\text{общ}} - 1,998\bar{c}.$$

Уравнение регрессии будет иметь вид

$$Y = 76,17 + 5,27X_1 + 0,0101X_2 + 0,11X_3;$$

$$Y = 76,17 - 4,73L_{\text{общ}} - 2,899L_{\text{н}}/L_{\text{общ}} - 1,994\bar{c}.$$

Уравнение регрессии будет иметь вид

$$Y = 76,17 + 0,0101X_1 + 0,11X_2 + 5,27X_3;$$

$$Y = 76,17 - 5L_{\text{общ}} - 1,9L_{\text{н}}/L_{\text{общ}} - 1,7365\bar{c}.$$

Уравнение регрессии будет иметь вид

$$Y = 76,17 + 0,11X_1 + 5,27X_2 + 0,0101X_3;$$

$$Y = 76,17 - 4,99L_{\text{общ}} - 49,7L_{\text{н}}/L_{\text{общ}} - 1,999\bar{c}.$$

Получив экспериментальные данные, можно сделать некоторые оценки результатов исследования. Как показали полученные результаты, увеличение расхода потока через установку обеспечивает повышение эффективности пылеулавливания вне зависимости от режима. Также в режимах $l = 2D$ и $l = 3D$ максимальные значения эффективности наблюдались при $L_{\text{н}}/L_{\text{общ}}$ в диапазоне 0,33...0,39. В режиме $l = D$ за счет отсутствия закрутки вторичного потока максимальная эффективность наблюдалась, наоборот, при соотношениях $L_{\text{н}}/L_{\text{общ}}$ близким к 0,2. Максимальное значение эффективности наблюдалось при увеличении интенсивности закрутки в нижнем вводе. При этом режим с длиной патрубка $l = D$ характеризовался отсутствием закрутки потока через нижний ввод и большим проскоком улавливаемых частиц, что повлияло на эффективность, которая была отмечена минимальной из всех режимов. Максимальные показатели эффективности в целом наблюдались в режиме $l = 2D$, в котором, в отличие от режима с нижним входным патрубком $l = 3D$, закрученный поток не был подвержен значительному затуханию.

Выводы:

1. Экспериментально установлено, что длина нижнего входного патрубка l влияет на процесс пылеулавливания аппарата ВЗП.

2. Экспериментально установлено, что максимальная эффективность улавливания достигается при длине нижнего патрубка, равной двум диаметрам аппарата ВЗП $l = 2D$.

3. Выявлено, что для режимов $l = 2D$ и $l = 3D$ максимальная эффективность улавливания достигается в диапазоне значений $L_n/L_{\text{общ}} = 0,33...0,39$, а при режиме $l = D$, максимальная эффективность отмечается при работе аппарата ВЗП с соотношением $L_n/L_{\text{общ}} = 0,2$.

4. Экспериментально установлено, что при длине нижнего патрубка равной одному диаметру $l = D$ наблюдается отсутствие крутки вторичного потока через нижний ввод и значительный проскок пылевидных частиц, за счет чего наблюдается снижение эффективности.

5. Экспериментально установлено, что при длине нижнего патрубка равной трем диаметрам $l = 3D$, наблюдается значительное затухание крутки вторичного потока через нижний ввод, за счет чего в сепарационную камеру он попадает с неоптимальными параметрами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Азаров В. Н.* Пылеуловители со встречными закрученными потоками. Опыт внедрения. Волгоград, 2003.
2. ГОСТ Р 517721—2001. Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Определение запыленности газовых потоков. Введ. 1996-07.01. М., 1996.
3. Методика определения концентрации пыли в промышленных выбросах: (эмиссия). М. : НИИОГАЗ, 1970. 32 с.
4. ГОСТ 17.2.4.07—90. Охрана природы. Атмосфера. Методы определения давления и температуры газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения. М. : Госстандарт, 1991.
5. *Дмитриев Л. С., Кузьмина Л. В., Мошкарнев Л. М.* Планирование эксперимента в вентиляции и кондиционировании воздуха. Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1984. 210 с.
1. *Azarov V. N.* Pyleuloviteli so vstrechnymi zakruchennymi potokami. Opyt vnedreniya. Volgograd, 2003.
2. GOST R 517721—2001. Oborudovanie gazoochistnoe i pyleulavlivayushchee. Opredelenie zapylenosti gazovykh potokov. Vved. 1996-07.01. M., 1996.
3. Metodika opredeleniya kontsentratsii pyli v promyshlennykh vybrosakh: (emissiya). M. : NIIOGAZ, 1970. 32 s.
4. GOST 17.2.4.07—90. Okhrana prirody. Atmosfera. Metody opredeleniya davleniya i temperatury gazopylevykh potokov, otkhodyashchikh ot statsionarnykh istochnikov zagryazneniya. M. : Gosstandart, 1991.
5. *Dmitriev L. S., Kuz'mina L. V., Moshkarnev L. M.* Planirovanie eksperimenta v ventilyatsii i konditsionirovanii vozdukha. Irkutsk : Izd-vo Irkut. un-ta, 1984. 210 s.

© Луканин Д. В., 2013

Поступила в редакцию
в июне 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Луканин Д. В. Влияние длины нижнего входного патрубка на эффективность пылеуловителей на встречных закрученных потоках // Вестник Волгogr. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 143—150.

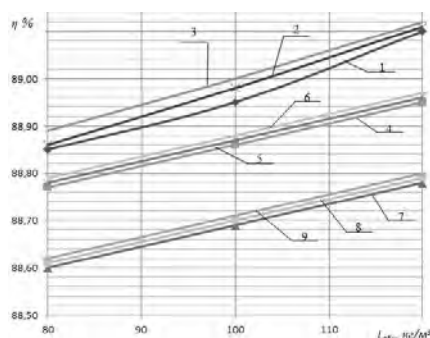


Рис. 2. Экспериментальные зависимости эффективности улавливания силикатной пыли аппаратом ВЗП 150 с длиной патрубка нижнего ввода $l = 1D$ при $\bar{c} = 20$: 1 — $L_n/L_{общ} = 0,2$; 2 — $L_n/L_{общ} = 0,3$; 3 — $L_n/L_{общ} = 0,4$; $\bar{c} = 40$: 4 — $L_n/L_{общ} = 0,2$; 5 — $L_n/L_{общ} = 0,3$; 6 — $L_n/L_{общ} = 0,4$; $\bar{c} = 60$: 7 — $L_n/L_{общ} = 0,2$; 8 — $L_n/L_{общ} = 0,3$; 9 — $L_n/L_{общ} = 0,4$

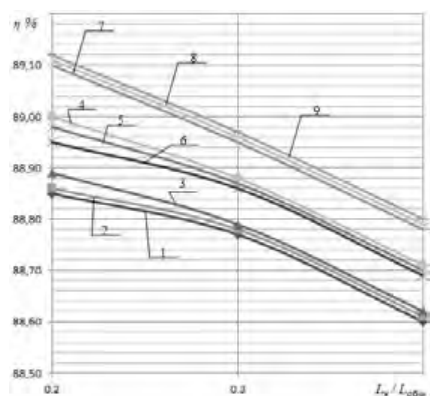


Рис. 3. Экспериментальные зависимости эффективности улавливания силикатной пыли аппаратом ВЗП 150 с длиной патрубка нижнего ввода $l = 1D$ при $L_{общ} = 80$: 1 — $\bar{c} = 20$; 2 — $\bar{c} = 40$; 3 — $\bar{c} = 60$; $L_{общ} = 100$: 4 — $\bar{c} = 20$; 5 — $\bar{c} = 40$; 6 — $\bar{c} = 60$; $L_{общ} = 120$: 7 — $\bar{c} = 20$; 8 — $\bar{c} = 40$; 9 — $\bar{c} = 60$

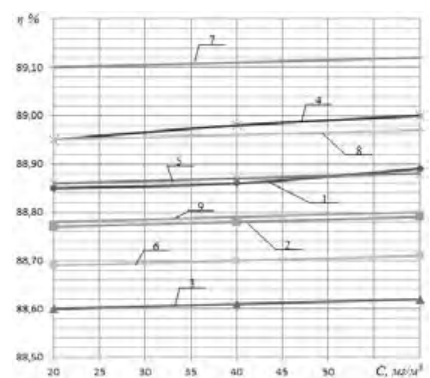


Рис. 4. Экспериментальные зависимости эффективности улавливания силикатной пыли аппаратом ВЗП 150 с длиной патрубка нижнего ввода $l = D$ при $L_{общ} = 80$: 1 — $L_n/L_{общ} = 0,2$; 2 — $L_n/L_{общ} = 0,3$; 3 — $L_n/L_{общ} = 0,4$; $L_{общ} = 100$: 4 — $L_n/L_{общ} = 0,2$; 5 — $L_n/L_{общ} = 0,3$; 6 — $L_n/L_{общ} = 0,4$; $L_{общ} = 120$: 7 — $L_n/L_{общ} = 0,2$; 8 — $L_n/L_{общ} = 0,3$; 9 — $L_n/L_{общ} = 0,4$

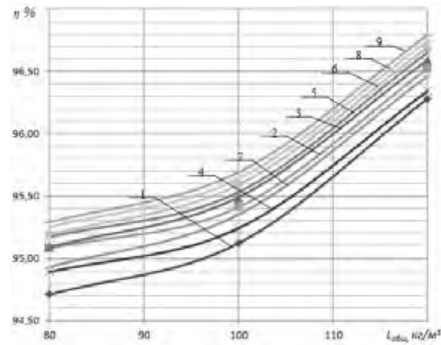


Рис. 5. Экспериментальные зависимости эффективности улавливания силикатной пыли аппаратом ВЗП 150 с длиной патрубка нижнего ввода $l = 2D$ при $\bar{c} = 20$: 1 — $L_n/L_{общ} = 0,2$; 2 — $L_n/L_{общ} = 0,3$; 3 — $L_n/L_{общ} = 0,4$; $\bar{c} = 40$: 4 — $L_n/L_{общ} = 0,2$; 5 — $L_n/L_{общ} = 0,3$; 6 — $L_n/L_{общ} = 0,4$; $\bar{c} = 60$: 7 — $L_n/L_{общ} = 0,2$; 8 — $L_n/L_{общ} = 0,3$; 9 — $L_n/L_{общ} = 0,4$

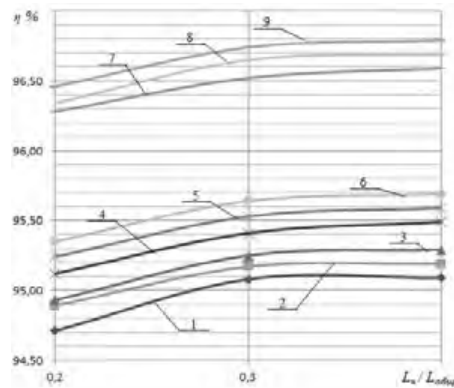


Рис. 6. Экспериментальные зависимости эффективности улавливания силикатной пыли аппаратом ВЗП 150 с длиной патрубка нижнего ввода $l = 2D$ при $L_{общ} = 80$: 1 — $\bar{c} = 20$; 2 — $\bar{c} = 40$; 3 — $\bar{c} = 60$; $L_{общ} = 100$: 4 — $\bar{c} = 20$; 5 — $\bar{c} = 40$; 6 — $\bar{c} = 60$; $L_{общ} = 120$: 7 — $\bar{c} = 20$; 8 — $\bar{c} = 40$; 9 — $\bar{c} = 60$

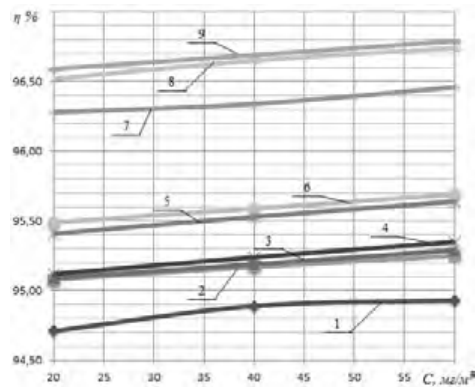


Рис. 7. Экспериментальные зависимости эффективности улавливания силикатной пыли аппаратом ВЗП 150 с длиной патрубка нижнего ввода $l = 2D$ при $L_{общ} = 80$: 1 — $L_n/L_{общ} = 0,2$; 2 — $L_n/L_{общ} = 0,3$; 3 — $L_n/L_{общ} = 0,4$; $L_{общ} = 100$: 4 — $L_n/L_{общ} = 0,2$; 5 — $L_n/L_{общ} = 0,3$; 6 — $L_n/L_{общ} = 0,4$; $L_{общ} = 120$: 7 — $L_n/L_{общ} = 0,2$; 8 — $L_n/L_{общ} = 0,3$; 9 — $L_n/L_{общ} = 0,4$

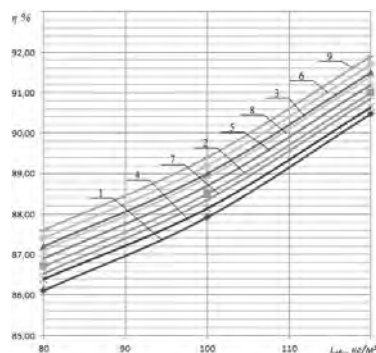


Рис. 8. Экспериментальные зависимости эффективности улавливания силикатной пыли аппаратом ВЗП 150 с длиной патрубка нижнего ввода $l = 3D$ при $\bar{c} = 20$: 1 — $L_n/L_{общ} = 0,2$; 2 — $L_n/L_{общ} = 0,3$; 3 — $L_n/L_{общ} = 0,4$; $\bar{c} = 40$: 4 — $L_n/L_{общ} = 0,2$; 5 — $L_n/L_{общ} = 0,3$; 6 — $L_n/L_{общ} = 0,4$; $\bar{c} = 60$: 7 — $L_n/L_{общ} = 0,2$; 8 — $L_n/L_{общ} = 0,3$; 9 — $L_n/L_{общ} = 0,4$

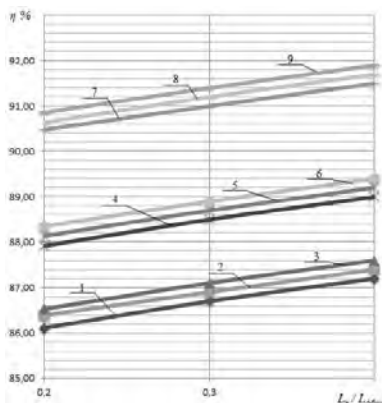


Рис. 9. Экспериментальные зависимости эффективности улавливания силикатной пыли аппаратом ВЗП 150 с длиной патрубка нижнего ввода $l = 3D$ при $L_{общ} = 80$: 1 — $\bar{c} = 20$; 2 — $\bar{c} = 40$; 3 — $\bar{c} = 60$; $L_{общ} = 100$: 4 — $\bar{c} = 20$; 5 — $\bar{c} = 40$; 6 — $\bar{c} = 60$; $L_{общ} = 120$: 7 — $\bar{c} = 20$; 8 — $\bar{c} = 40$; 9 — $\bar{c} = 60$

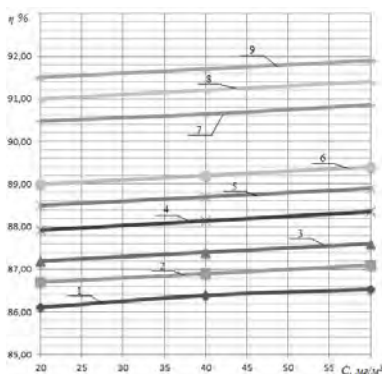


Рис. 10. Экспериментальные зависимости эффективности улавливания силикатной пыли аппаратом ВЗП 150 с длиной патрубка нижнего ввода $l = 3D$ при $L_{общ} = 80$: 1 — $L_n/L_{общ} = 0,2$; 2 — $L_n/L_{общ} = 0,3$; 3 — $L_n/L_{общ} = 0,4$; $L_{общ} = 100$: 4 — $L_n/L_{общ} = 0,2$; 5 — $L_n/L_{общ} = 0,3$; 6 — $L_n/L_{общ} = 0,4$; $L_{общ} = 120$: 7 — $L_n/L_{общ} = 0,2$; 8 — $L_n/L_{общ} = 0,3$; 9 — $L_n/L_{общ} = 0,4$

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 628.162.15

Е. Л. Войтов, Ю. Л. Сколубович

ИССЛЕДОВАНИЕ ОЧИСТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫВНЫХ ВОД СТАНЦИЙ ВОДОПОДГОТОВКИ

Обращено внимание на существование экологической проблемы загрязнения водоемов в результате сброса в них неочищенных промывных вод станций водоподготовки. Показаны недостатки технологических схем очистки и утилизации промывных вод фильтровальных сооружений, рекомендованных СНиП. Предложена новая технология осветления и повторного использования промывных вод в замкнутом цикле промывки фильтров с применением реакторов-осветлителей, смешанного коагулянта сульфата и оксихлорида алюминия. Приведены результаты экспериментальных исследований новой технологии очистки и утилизации промывных вод.

К л ю ч е в ы е с л о в а: промывные воды, коагуляционная очистка, повторное использование, утилизация, скорые фильтры, отстойники, станция обезжелезивания, экспериментальная установка, комплексный коагулянт, технология очистки.

The authors pay attention to the environmental problem of pollution of reservoirs as a result of dumping of crude rinsing waters of water treatment plants. The problems of technological schemes of cleaning and recycling of rinsing waters of filtering constructions, recommended by Construction Rules and Regulations are revealed. The new technology of clarification and recycling of rinsing waters in a closed cycle of filter washing using reactors-clarifiers, mixed sulfate coagulant and aluminum oxychloride is offered. The results of experimental studies of new technology of cleaning and recycling of rinsing waters are given.

Key words: rinsing waters, coagulative cleaning, recycling, high-rate filters, settlers, deferrizing station, experimental installation, complex coagulant, cleaning technology.

В соответствии с существующими нормами [1, п. 6.110] промывку скорых водопроводных фильтров станций очистки поверхностных и подземных вод необходимо проводить фильтрованной водой, забираемой из резервуаров чистой воды. Расход промывной воды составляет более 10 % от общей производительности водоочистной станции, что снижает ее полезную производительность и связано со значительными эксплуатационными затратами.

В настоящее время отработанная промывная вода на большинстве водоочистных станций сбрасывается без очистки в поверхностные водоисточники либо в существующие сети городской канализации с последующей подачей их на очистные сооружения канализации. В некоторых случаях сброс осуществляется в специально устраиваемые сооружения с использованием существующего рельефа местности.

Большое содержание взвешенных веществ в промывных водах (до 0,5 г/л) при сбросе в водоем приводит к многократному увеличению концентрации взвеси и образованию иловых наносов ниже выпуска. Из-за высокой концентрации

остаточного алюминия (до 1,5 мг/л) и активного хлора (до 1 мг/л) в промывных водах станций очистки поверхностных вод уничтожаются микроорганизмы, нарушаются процессы самоочищения водоема и создаются дополнительные проблемы для водоснабжения. Промывные воды станций очистки подземных вод характеризуются значительным содержанием гидроксида железа. Железо имеет токсикологический лимитирующий признак вредности и является причиной гибели растительных и животных организмов открытых водоемов. Сброс промывных вод в канализационные сети увеличивает гидравлическую нагрузку на сети и канализационные очистные сооружения, неблагоприятно отражается на процессах биологической очистки сточной жидкости.

В Правилах охраны поверхностных вод от загрязнения запрещается сброс в водные объекты сточных вод, которые могут быть направлены для повторного использования после соответствующей очистки [2, п. 3.2]. Согласно СНиП 2.04.02-84 [1] на станциях осветления и обезжелезивания воды фильтрованием промывные воды фильтровальных сооружений при одноступенчатом фильтровании следует отстаивать в отстойниках, рассчитанных на периодическое поступление промывных вод, и равномерно подавать в головной узел очистных сооружений. Однако опыт эксплуатации водоочистных сооружений с возвратом отработанной промывной воды в голову водоочистных сооружений показал некоторые недостатки технологических схем, рекомендованных СНиП [3, 4]. К недостаткам относятся: сложность обеспечения равномерности подачи промывной воды в головные сооружения очистки и постоянства концентрации загрязнений в них в течение суток, подбор рабочих доз реагентов для оптимального протекания процесса очистки речных вод и т. п.

Технологически и экономически целесообразно выделять промывные воды скорых фильтров из основного процесса водоподготовки и использовать их после предварительной очистки по другому назначению, например, для той же промывки фильтров. Тем не менее, выбор технологической схемы очистки и повторного использования промывных вод требует проведения специальных исследований.

В НГАСУ (Сибстрин) разработана технология осветления и утилизации промывных вод фильтровальных сооружений станций водоподготовки, включающая обработку воды коагулянтом, отстаивание в отстойнике-накопителе, осветление в реакторе-осветлителе, хранение в резервуаре очищенной промывной воды и повторное использование в замкнутом цикле промывки фильтров. Технологическая схема очистки и утилизации промывных вод представлена на рис. 1.

В отработанную промывную воду, сбрасываемую по линии 1 в отстойник-накопитель 2, по трубопроводу 3 вводят комплексный коагулянт, представляющий собой смесь водных растворов сульфата (СА) и оксихлорида алюминия (ОХА) в соотношении доз 2 : 1 по окиси алюминия. В отстойнике-накопителе 2 происходит коагуляция в объеме, выделение гидроксидного осадка и других примесей из очищаемой воды. Затем отстаиваемую воду насосом 5 по трубопроводу 6 подают в реактор-осветлитель 7 [5], осветляют и по линии 8 направляют на хранение в резервуар очищенной промывной воды 9. Накопленная и очищенная промывная вода насосом 10 подается по трубопроводу 11 на очередную промывку фильтровальных сооружений. Осадок

гидроксида алюминия и других примесей воды из отстойника 2 перепускают в уплотнитель 4. Уплотненный водопроводный осадок, содержащий гидроксид алюминия и другие примеси, насосом 12 из уплотнителя 4 по трубопроводу 13 перекачивают на сооружения по обезвреживанию, утилизируют в производстве строительных материалов или вывозят на канализационные очистные станции и используют в качестве реагента для обезвреживания канализационного осадка. Насос надиловой воды 14 перекачивает воду из уплотнителя 4 по трубопроводу 15 через трубопровод 1 в отстойник-накопитель 2. Промывка реактора-осветлителя осуществляется с помощью гидроэлеватора 17. Отработанная промывная вода из реактора-осветлителя 7 отводится по трубопроводу 16 и 1 в отстойник-накопитель 2. Применение комплексного коагулянта из смеси водных растворов СА и ОХА и в соотношении доз 2 : 1 по окиси алюминия повышает плотность образующегося осадка, предотвращает его всплывание в отстойнике-накопителе и увеличение мутности отстоянной воды. Последующее осветление на реакторе-осветлителе обеспечивает высокое качество осветленной промывной воды, соответствующее качеству фильтрованной воды и отвечающее нормативным требованиям к водам, используемым повторно для промывки фильтровальных сооружений станций водоподготовки [1]. Общий объем осадка, получаемого в процессе реагентной обработки промывной воды смесью СА и ОХА, до двух раз меньше объема осадка, образующегося с использованием только ОХА, что снижает стоимость его обезвреживания или перевозки для утилизации.

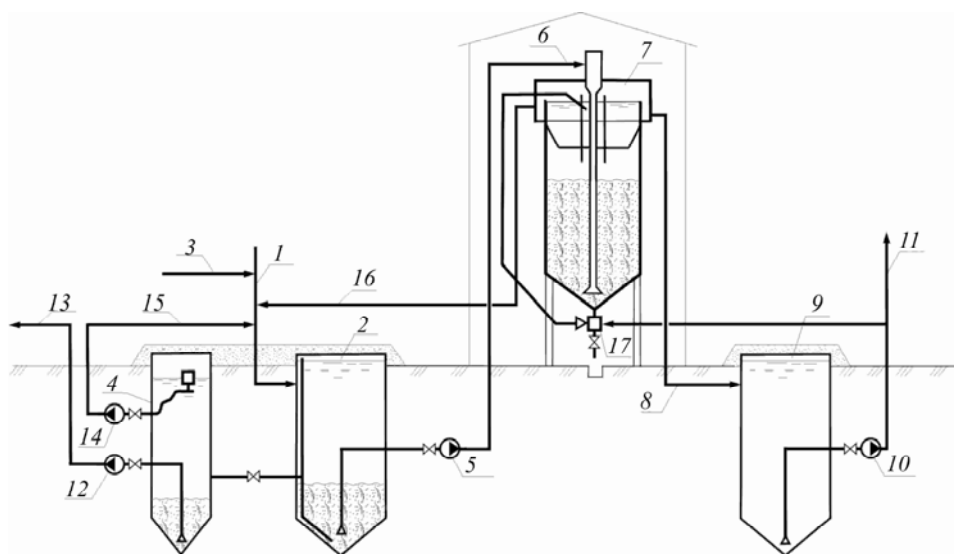


Рис. 1. Технологическая схема очистки и утилизации промывных вод: 1 — трубопровод сброса отработанной промывной воды; 2 — отстойник-накопитель; 3 — трубопровод ввода коагулянта; 4 — уплотнитель; 5 — подкачивающий насос; 6 — подающий трубопровод отстоянной воды; 7 — реактор-осветлитель; 8 — трубопровод отведения очищенной промывной воды; 9 — резервуар очищенной промывной воды; 10 — промывной насос; 11 — трубопровод подачи промывной воды на промывку фильтров; 12 — насос перекачки осадка; 13 — трубопровод подачи осадка на обезвреживание; 14 — насос перекачки надиловой воды; 15 — трубопровод подачи надиловой воды в отстойник-накопитель; 16 — трубопровод отведения промывной воды из реактора-осветлителя; 17 — гидроэлеватор

Разработанная технология очистки и утилизации промывных вод фильтровальных сооружений исследована в натурных условиях станции обезжелезивания г. Северска Томской области. Схема установки представлена на рис. 2.

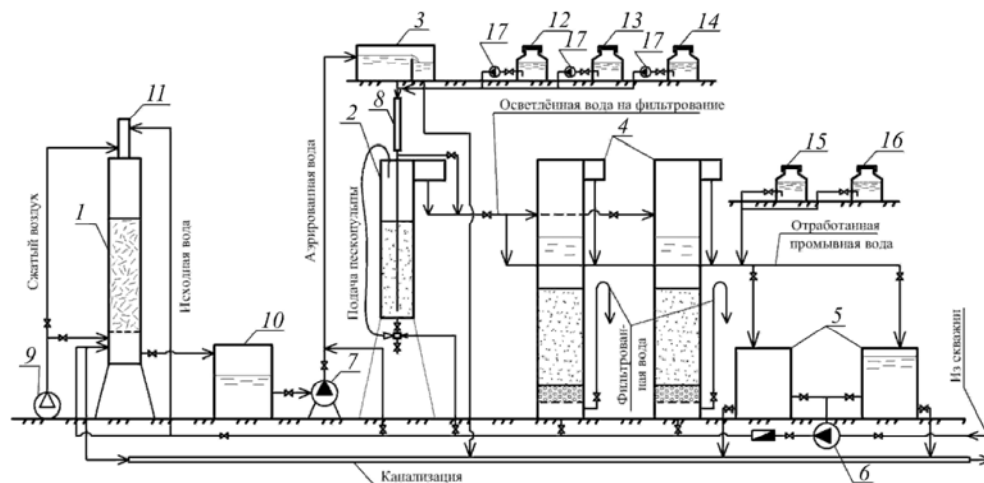


Рис. 2. Схема экспериментальной установки в г. Северске: 1 — дегазатор-окислитель; 2 — реактор-осветлитель; 3 — бак-дозатор расхода; 4 — фильтры; 5 — баки накопления, отстаивания грязной и хранения очищенной промывной воды; 6 — насос подачи исходной или промывной воды; 7 — подкачивающий насос аэрированной воды; 8 — воздухоотделитель; 9 — компрессор; 10 — промежуточный бак; 11 — эжектор-распылитель; 12, 13, 14, 15, 16 — баки щелочи, перманганата калия, гипохлорита натрия, коагулянта и флокулянта соответственно; 17 — насосы-дозаторы

Экспериментальная установка по очистке подземной воды для питьевого водоснабжения включала в себя дегазатор-окислитель 1, реактор-осветлитель 2, бак-дозатор расхода 3, скорые фильтры 4, баки накопления, отстаивания грязной и хранения очищенной промывной воды 5, насосы 6, 7 и другое оборудование. Производилась безреагентная очистка железосодержащей подземной воды путем ее аэрации, осветления и фильтрования. По окончании фильтроцикла проведена промывка реактора-осветлителя и фильтров. Отработанная промывная вода собрана в первом баке накопления и отстаивания грязной промывной воды 5. Мутность в промывной воде составила 206 мг/л, цветность 102 град., содержание железа и марганца 32 и 11 мг/л соответственно. На основании результатов пробного коагулирования и отстаивания промывной воды в стеклянных цилиндрах емкостью 1 л, проведенных по стандартным методикам в лаборатории станции, определены оптимальные дозы коагулянтов — оксихлорида, сульфата алюминия при их раздельном и совместном применении, с флокуляцией и без флокуляции флокулянт «Праестол 650 ТР» [6]. Оптимальная доза сульфата алюминия составила 45 мг/л, оксихлорида алюминия — 15 мг/л при их раздельном использовании (табл.).

Мутность отстоянной промывной воды при этом превышала 10 мг/л, цветность — 20 градусов. При использовании коагулянта СА качество воды отстоянной воды было более низким, чем с применением ОХА, однако получен

плотный осадок без его расслоения. Введение в воду только оксихлорида алюминия привело к образованию крупных рыхлых быстрооседающих хлопьев гидроксида алюминия и железа. Большая часть осадка в процессе отстаивания промывных вод всплыла (46 %), а некоторая его часть находилась во взвешенном состоянии в объеме отстаиваемой воды в виде крупных агрегатов хлопьев. Аналогичное расслоение осадка происходило при дополнительном к коагулянтам введении в воды флокулянта «Праестол».

Результаты экспериментальных исследований очистки промывных вод

Измеряемые параметры	Способ очистки промывной воды, вводимые реагенты		
	Отстаивание, СА/ОХА	Отстаивание, СА + ОХА	Отстаивание и осветление на реакторе-осветлителе, СА + ОХА
Качество исходной промывной воды:			
мутность, мг/л	206	206	206
цветность, град.	102	102	102
железо общее, мг/л	32	32	32
марганец	11	11	11
дозы реагентов, мг/л	45/15	10+5	10+5
качество очищенных вод:			
мутность, мг/л	13/11	4	1,2
цветность, град.	23/21	8	3
железо общее, мг/л	1,8	0,8	0,3
марганец	0,7	0,3	0,1
Общий объем осадка в отстойнике (в том числе всплывшего), % от объема промывных вод	2,7 (0,0) / 3,2 (2,3)	2,9 (0,0)	2,9 (0,0)

После обработки промывной воды смесью водных растворов сульфата и оксихлорида алюминия с дозами 10 и 5 мг/л соответственно (соотношение доз 2 : 1 по окиси алюминия), получено наиболее высокое качество осветленной воды: 4 мг/л по мутности, 8 град. по цветности, 0,8 и 0,3 мг/л по содержанию железа и марганца соответственно. При этом произошло образование мелких, плотных хлопьев гидроксида алюминия, обеспечена их компактная укладка в осадке без расслоения и сокращен объем осадка по сравнению с применением ОХА более чем в 1,5 раза. По результатам лабораторных исследований для обработки промывной воды на производственной экспериментальной установке принят смешанный коагулянт сульфата и оксихлорида алюминия с соотношением доз 2 : 1. Обработанная и отстоянная в отстойнике-накопителе промывная вода была дочищена на реакторе-осветлителе, что обеспечило ее питьевое качество по мутности, цветности, содержанию железа и марганца. Очищенная вода направлена во второй бак хранения очищенной промывной воды. Осветленная вода из бака очищенной промывной воды использована для промывки фильтров после следующего фильтроцикла. Осадок промывной воды подвергнут сгущению и использован в качестве реагента при экспериментальном обезвоживании осадка канализационной очистной станции [7].

Таким образом, разработанная технология обработки промывных вод фильтровальных сооружений обеспечивает их нормативное качество, позволяющее использовать воды повторно для промывки фильтровальных сооружений, снизить объем осадка, стоимость его обезвоживания или перевозки на канализационную станцию для утилизации, что повышает технологическую, экономическую эффективность осветления и утилизации промывных вод фильтровальных сооружений станций водоподготовки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. М. : Стройиздат, 1986. 136 с.
2. Правила охраны поверхностных вод (утв. Госкомприроды СССР 21.02.1991 г.) (по состоянию на 07.10. 2006 г.)
3. *Войтов Е. Л., Сколубович Ю. Л.* Подготовка питьевой воды из поверхностных источников с повышенным природным и антропогенным загрязнением : монография. Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2010. 220 с.
4. *Войтов Е. Л., Сколубович Ю. Л.* Подготовка питьевой воды из подземных источников в экологически неблагоприятных регионах : монография. Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2010. 220 с.
5. Пат. 23070754, РФ, МКИ C02F 1/52. Устройство для очистки воды / Е. Л. Войтов, Ю. Л. Сколубович. Оpubл. 27.09.2007, Бюл. № 27.
6. *Драгинский В. Л., Алексеева Л. П.* Методики проведения технологических изысканий и моделирования процессов очистки воды на водопроводных станциях. М. : НИИ КВОВ, Водкоммунтех, 2001.
- 7 Пат. 2246452, РФ, МПК C 02F 11/12. Способ совместного обезвоживания осадков станций очистки природных и сточных вод / Ю. Л. Сколубович, Е. Л. Войтов, Л. Н. Савельева. Оpubл. 20.02.2005, Бюл. № 5.
1. SNiP 2.04.02-84. Vodosnabzhenie. Naruzhnye seti i sooruzheniya / Gosstroy SSSR. M. : Stroyizdat, 1986. 136 s.
2. Pravila okhrany poverkhnostnykh vod (utv. Goskomprirody SSSR 21.02.1991 g.) (po sostoyaniyu na 07.10. 2006 g.)
3. *Voytov E. L., Skolubovich Yu. L.* Podgotovka pit'evoy vody iz poverkhnostnykh istochnikov s povyshennym prirodnyim i antropogennym zagryazneniem : monografiya. Novosibirsk : NGASU (Sibstrin), 2010. 220 s.
4. *Voytov E. L., Skolubovich Yu. L.* Podgotovka pit'evoy vody iz podzemnykh istochnikov v ekologicheski neblagopriyatnykh regionakh : monografiya. Novosibirsk : NGASU (Sibstrin), 2010. 220 s.
5. Pat. 23070754, RF, MКИ C02F 1/52. Ustroystvo dlya ochistki vody / E. L. Voytov, Yu. L. Skolubovich. Opubl. 27.09.2007, Byul. № 27.
6. *Draginskiy V. L., Alekseeva L. P.* Metodiki provedeniya tekhnologicheskikh izyskaniy i modelirovaniya protsessov ochistki vody na vodoprovodnykh stantsiyakh. M. : NII KVOV, Vodkommuntekh, 2001.
- 7 Pat. 2246452, RF, MPK C 02F 11/12. Sposob sovmestnogo obezvozhivaniya osadkov stantsiy ochistki prirodnykh i stochnykh vod / Yu. L. Skolubovich, E. L. Voytov, L. N. Savel'eva. Opubl. 20.02.2005, Byul. № 5.

© *Войтов Е. Л., Сколубович Ю. Л., 2013*

*Поступила в редакцию
в мае 2013 г.*

Ссылка для цитирования:

Войтов Е. Л., Сколубович Ю. Л. Исследование очистки и утилизации промывных вод станций водоподготовки // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 151—156.

УДК 504.064.3

В. Ф. Желтобрюхов, В. М. Осипов, Н. В. Колодницкая, В. Н. Стяжин, А. В. Карпов

**РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОГЕННЫХ БАРЬЕРОВ
НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ (ТЕРРИТОРИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ
САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ ООО «ЛУКОЙЛ-ВОЛГОГРАДНЕФТЕПЕРЕРАБОТКА»)**

Работа посвящена созданию техногенных барьеров на основе природных материалов, в качестве которых выступают минералы природного происхождения: вермикулит и перлит.

Проведены опытно-промышленные исследования по созданию барьеров и их реализации. Данные по биоремедиации нефтезагрязненных земель с помощью искусственных барьеров математически обработаны, они представляют собой ценный материал при моделировании и прогнозировании поведения техногенно-нарушенной экологической системы.

Путем анализа полученных данных выявлен техногенный барьер на основе перлита, проявивший себя как лучший ремедиант по сравнению с барьером на основе вермикулита.

Ключевые слова: минерал, барьеры, нефтепродукты, ремедиация земель, системный анализ.

The article is devoted to the creation of technogenic barriers based on natural materials such as natural minerals: vermiculite and perlite.

Pilot test on the creation of barriers and their realization is conducted. The data on bioremediation of the oil-contaminated soils are processed with the help of artificial barriers, they are valuable material for modeling and forecasting the behavior of the technogenic disturbed ecosystem.

When analyzing the received data the technogenic barrier based on perlite, that proved to be the best remediant in comparison with a barrier based on vermiculite was revealed.

Key words: mineral, barriers, oil products, soil remediation, system analysis.

Техногенные барьеры специально создаются для решения различных задач, таких как охрана окружающей среды, инженерная защита территории и др. Для создания техногенных (искусственных) барьеров разрабатываются специальные технологии. В качестве материалов, используемых для создания барьеров, применяются различные материалы и вещества в зависимости от специфики барьеров и экономической целесообразности [1].

Для биоремедиации нефтезагрязненных земель нами созданы техногенные барьеры на основе природных материалов: вермикулита и перлита.

Этап биоремедиации техногенно-нарушенных земель, загрязненных нефтепродуктами, территории размещения санитарно-защитной зоны (СЗЗ) нефтеперерабатывающего завода осуществлялся на месте по методу *in situ*. Несмотря на то, что уровень загрязнения земель территории размещения СЗЗ соответствует 1-му (допустимому) уровню, т. е. меньше ПДК, биоремедиация все же осуществлялась. Основа проводимых опытно-промышленных исследований — выявление поведения препаратов на основе природных минералов на территории размещения СЗЗ.

В табл. 1 и 2 представлены результаты физико-химических анализов проб почвы контрольной зоны и территории размещения СЗЗ в течение проводимых исследований.

Проанализировав экспериментальные данные процесса биоремедиации нефтезагрязненных земель территории размещения СЗЗ, на которой применялись препараты на основе вермикулита и перлита, мы выбрали в качестве функции, аппроксимирующей изменение концентрации нефтепродуктов в почве по времени, функцию 1.

$$C(t) = \frac{a}{1 + bt}, \quad (1)$$

где a и b — коэффициенты регрессии, которые далее были получены в Mathcad с использованием функции genfit.

Предложенная функция (1) достаточно хорошо коррелирует со всеми данными — коэффициент корреляции $R \geq 0,97$. В табл. 3 представлены значения найденных параметров для территории размещения СЗЗ, где применялись препараты на основе природных минералов.

Таблица 1

Результаты физико-химического анализа проб почвы контрольной зоны в процессе осуществления биоремедиационного этапа

Сутки	рН	Влажность, %	Концентрация нефтепродуктов в почве, мг/кг
	усредненные значения		
0	8,6	1,1	208,3
1	—	—	187
24	8,2	1,1	189

Таблица 2

Результаты процесса биоремедиации земель, загрязненных нефтепродуктами, территории размещения СЗЗ

Препарат	Сутки	Концентрация нефтепродуктов в почве, мг/кг	рН	Влажность, %
		усредненные значения		
На основе вермикулита	0	115,6	8,61	1,1
	1	119,6	—	—
	6	100		
	12	84,3		
	18	55,3		
	24	50,3	8,39	1,06
На основе перлита	0	115,6	8,61	1,1
	1	110,6	—	—
	6	72,3		
	12	63		
	18	48,6		
	24	45	8,4	1,08

Таблица 3

Параметры регрессии для процесса биоремедиации нефтезагрязненных земель территории размещения СЗЗ

Препарат	a	b	R
На основе вермикулита	122,273	0,051	0,97
На основе перлита	115,772	0,076	0,99

Параметр a непосредственно связан с начальной концентрацией нефтепродуктов в почве, а параметр b характеризует скорость биоремедиации нарушенных земель.

На рис. 1—3 представлены результаты измерений и аппроксимирующие функции в различных вариантах.

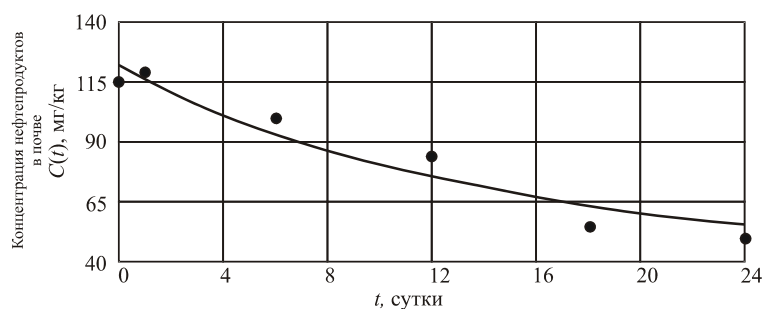


Рис. 1. Процесс биоремедиации земель территории размещения СЗЗ при применении препарата на основе вермикулита

$$C(t) = \frac{122,273}{1 + 0,051t}. \quad (2)$$

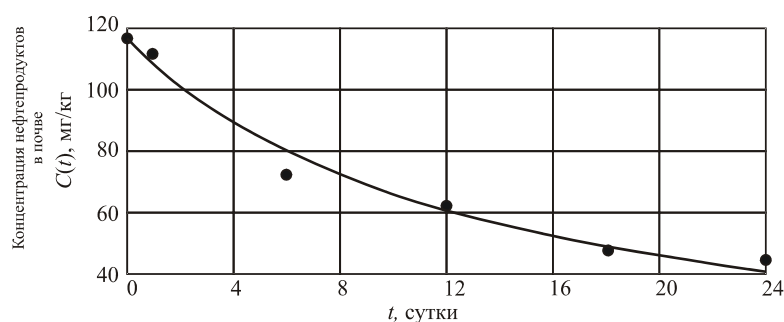


Рис. 2. Процесс биоремедиации земель территории размещения СЗЗ при применении препарата на основе перлита

$$C(t) = \frac{115,772}{1 + 0,076t}. \quad (3)$$

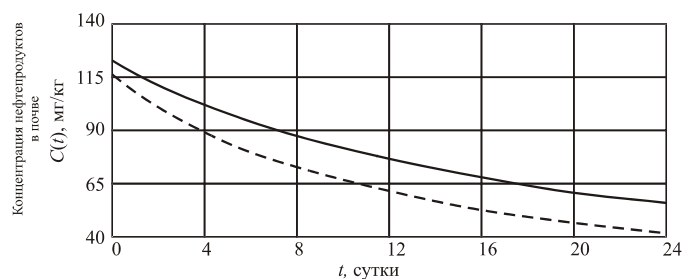


Рис. 3. Влияние препаратов на концентрацию нефтепродуктов в почве территории СЗЗ: сплошная линия — препарат на основе вермикулита; пунктир — препарат на основе перлита

Сопоставив экспериментальные данные и результаты их теоретического анализа с помощью компьютерной программы РТС Mathcad 14.0, выявили следующее: в процессе биоремедиации нефтезагрязненных земель препарат на основе перлита — лучший ремедиант, чем препарат на основе вермикулита. Это подтверждают данные из табл. 2: концентрация нефтепродуктов в почве территории, где применялся препарат на основе перлита снизилась до 45 мг/кг, а на основе вермикулита — 50,3 мг/кг. Из рис. 2 следует, что данные, полученные с опытно-промышленного участка, где применялся препарат на основе перлита, максимально приближены к теоретическим данным, что подтверждает коэффициент корреляции, стремящийся к 1. Более того, найденный параметр b , отвечающий за скорость биоремедиации нарушенных земель, имеет большую величину на территории, где применялся препарата на основе перлита.

Таким образом, для земель, загрязненных нефтепродуктами, территории размещения СЗЗ, подлежащие биоремедиации, рекомендуется применять препарат на основе перлита. Этому факту есть научное объяснение: перлит обладает свойством разрыхлять глинистые и суглинистые почвы, характерные для территории СЗЗ нефтеперерабатывающего завода, тем самым облегчая поступление кислорода в верхние слои грунта, что приводит к ускоренному окислению углеводородов нефти и способствует быстрому процессу биоремедиации земель.

Таким образом, для земель, загрязненных нефтепродуктами, территории размещения СЗЗ Волгоградского нефтеперерабатывающего завода, подлежащим биоремедиации, рекомендуется применять техногенный барьер, представляющий собой препарат на основе перлита [2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Максимович Н. Г., Хайрулина Е. А. Техногенные геохимические барьеры как основа природоохранных технологий // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование : Труды Всерос. симпози. с междунар. участием и VIII Всерос. чтения памяти А. Е. Ферсмана. Чита, 2008. С. 16—20.
2. Создание искусственного биогеохимического барьера для защиты урбоэкосистемы / В. Ф. Желтобрюхов, Н. В. Колодницкая, В. Н. Стяжин, Г. К. Лобачева, И. А. Полозова // Экологические системы и приборы. 2012. № 6. С. 28—35.
1. Maksimovich N. G., Khayrulina E. A. Tekhnogennye geokhimicheskie bar'ery kak osnova prirodookhrannykh tekhnologiy // Mineralogiya i geokhimiya landshafta gornorudnykh territoriy. Sovremennoe mineraloobrazovanie : Trudy Vseros. simpoz. s mezhdunar. uchastiem i VIII Vseros. chteniya pamyati A. E. Fersmana. Chita, 2008. S. 16—20.
2. Sozdanie iskusstvennogo biogeokhimicheskogo bar'era dlya zashchity urboekosistemy / V. F. Zheltobryukhov, N. V. Kolodnitskaya, V. N. Styazhin, G. K. Lobacheva, I. A. Polozova // Ekologicheskie sistemy i pribory. 2012. № 6. С. 28—35.

© Желтобрюхов В. Ф., Осипов В. М., Колодницкая Н. В., Стяжин В. Н., Карпов А. В., 2013

Поступила в редакцию
в мае 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Регрессионная модель эффективности техногенных барьеров на основе природных материалов (территория размещения санитарно-защитной зоны ООО «Лукойл-Волгограднефтепереработка») / В. Ф. Желтобрюхов, В. М. Осипов, Н. В. Колодницкая, В. Н. Стяжин, А. В. Карпов // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 157—160.

УДК 504.064.4

Н. В. Колодни́цкая, В. Ф. Желтобрюхов, В. М. Осипов, В. Н. Стяжин, А. В. Карпов**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОГЕОХИМИЧЕСКОГО БАРЬЕРА (ФИТОБАРЬЕРА) С ПОМОЩЬЮ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА**

Представлены результаты регрессионного анализа экспериментальных данных по восстановлению нефтезагрязненных земель. В роли биогеохимических барьеров выступали препараты на основе природных минералов и искусственно созданный растительный покров.

Экологическая ремедиация земель, загрязненных нефтепродуктами, осуществлялась в два этапа — биоремедиационном и фиторемедиационном.

Результаты системного анализа свидетельствуют об эффективном комплексном использовании техногенного и фитобарьеров.

К л ю ч е в ы е с л о в а: нефтепродукты, почва, биопрепарат, фитобарьер, регрессионный анализ.

The results of the regression analysis of experimental data on restoration of oil-contaminated soils are presented. Preparations based on natural minerals and artificially created green cover acted as biogeochemical barriers.

Ecological remediation of soils contaminated with oil products was consisted of two stages — bioremediation and phytoremediation.

The results of the system analysis prove the effective complex of use of technogenic and phyto-barriers.

К e y w o r d s: oil products, soil, biological product, phytobarrier, regression analysis.

Биогеохимические барьеры — это компоненты или части компонентов геосистем, в которых на относительно коротком расстоянии в результате специфического сочетания механических, физико-химических, биологических процессов происходит избирательное накопление одних химических элементов и удаление других. В барьерах резко изменяются условия миграции веществ, что часто приводит к накоплению химических элементов. Важнейшие из них — растительный покров, почва, толщи водоненасыщенных горных пород, в основном мелкоземов, и застойные скопления подземных вод [1].

В табл. 1 и 2 представлены результаты физико-химических анализов проб почвы контрольной зоны и территории размещения санитарно-защитной зоны (СЗЗ) в течение проводимых исследований.

Таблица 1

Результаты физико-химического анализа проб почвы контрольной зоны в процессе осуществления биоремедиационного этапа

Сутки	pH	Влажность, %	Концентрация нефтепродуктов в почве, мг/кг
усредненные значения			
0	8,6	1,1	208,3
1	—	—	187
24	8,2	1,1	189

Таблица 2

Результаты процесса биоремедиации земель, загрязненных нефтепродуктами, территории размещения СЗЗ

Препарат	Сутки	Концентрация нефтепродуктов в почве, мг/кг	рН	Влажность, %
		(усредненные значения)		
На основе вермикулита	0	115,6	8,61	1,1
	1	119,6	—	—
	6	100		
	12	84,3		
	18	55,3		
	24	50,3	8,39	1,06
На основе перлита	0	115,6	8,61	1,1
	1	110,6	—	—
	6	72,3		
	12	63		
	18	48,6		
	24	45	8,4	1,08

Для оценки эффективности биоремедиационного этапа технологии экологической ремедиации техногенно-нарушенных земель применялся метод биотестирования [2]. В качестве тест-культуры использовано сахарное сорго (*Sorghum saccharatum*) (табл. 3).

Таблица 3

Усредненные значения физиологических показателей исследуемой культуры

Физиологические показатели сахарного сорго	Сутки	Контрольная зона	Территория размещения санитарно-защитной зоны	
			Применение препарата на основе вермикулита	Применение препарата на основе перлита
Высота стебля, см	1	0,23	0,6	0,6
	5	1,1	1,5	1,4
	10	1,73	4,13	3,1
	15	3,73	8,4	6,4
	20	5,7	9,03	7,0
Вегетационная биомасса, г	25	2,0	7,0	7,0
Длина корня, см	30	3,2	9,43	9,23

В случае фиторемедиации, когда в качестве растения для очистки почвы использовалось сахарное сорго, по результатам проведенных измерений и после регрессионного анализа, в качестве функции, аппроксимирующей зависимость высоты стебля от времени, мы выбрали степенную функцию 1-го вида

$$H(t) = at^b. \quad (1)$$

Предложенная функция адекватно описывает как зависимость высоты стебля от времени, так и сам процесс фиторемедиации. Если найти производную функции по времени, то получим скорость роста сахарного сорго:

$$\begin{aligned} H'_t(t) &= abt^{b-1}, \\ H'_t(t) &= abt^{b-1}, \\ H'_t(t) &= \frac{at^b b}{t}. \end{aligned} \quad (2)$$

Подставив в формулу (2) выражение (1) для $H(t)$, получим формулу для нахождения скорости роста стебля сахарного сорго на почвах, загрязненных нефтепродуктами, территории размещения СЗЗ:

$$H'_t(t) = \frac{b}{t} H(t). \quad (3)$$

Выражение bt^{-1} , стоящее в правой части формулы (3) перед $H(t)$, имеет конкретный физический смысл — поглощающая способность. Действительно, с увеличением времени происходит насыщение растения питательными веществами и поглощающая способность падает.

Кроме того, выбор обусловлен и тем, что коэффициент корреляции $R \geq 0,97$. Как и в опыте биоремедиации, коэффициенты a и b были найдены с помощью программы Mathcad. В табл. 4 представлены полученные коэффициенты.

Т а б л и ц а 4

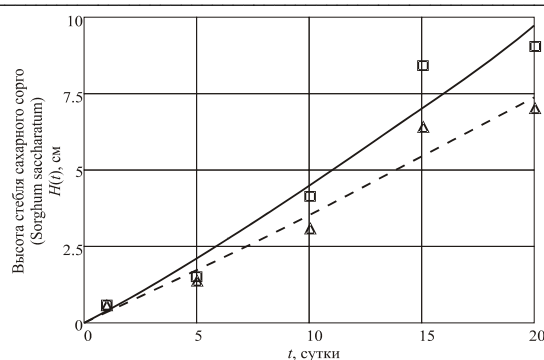
Параметры регрессии для процесса фиторемедиации нефтезагрязненных земель

Препарат	Территория	a	b	R
	Контроль	0,07	1,47	0,99
На основе вермикулита	СЗЗ	0,36	1,1	0,97
На основе перлита		0,3	1,07	0,98

Далее представлен график данных измерений и аппроксимирующих функций территории размещения СЗЗ, где применялись препараты (на основе вермикулита, перлита).

$$H(t) = 0,36t^{1,1} \text{ (препарат на основе вермикулита);} \quad (4)$$

$$H(t) = 0,3t^{1,07} \text{ (препарат на основе перлита).} \quad (5)$$



Данные измерений и аппроксимирующие функции процесса фиторемедиации нефтезагрязненных земель территории размещения СЗЗ с внесенными препаратами на основе вермикулита — $\square$ и сплошная линия; перлита — Δ и пунктирная линия

Проанализировав представленные данные, можно сделать вывод: коэффициент $b > 1$, что характеризует постоянный рост (увеличение ежедневного прироста) культуры [3].

Результаты процесса биоремедиации земель, загрязненных нефтепродуктами, территории размещения СЗЗ с применением препаратов на основе вермикулита и перлита отличаются незначительно, также как и значения физиологических показателей исследуемой культуры. К примеру, величина вегетационной биомассы сахарного сорго, полученная с участка, где применялся препарат на основе вермикулита, и участка с применением препарата на основе перлита, оказалась равной [4].

Вследствие того, что вермикулит является природным биостимулятором и содержит значительное количество макро-, микроэлементов, необходимых растениям, он поспособствовал более быстрому росту сахарного сорго на участке с применением препарата на его основе (см. табл. 2), в то время как перлит беден питательными веществами.

Вермикулит — природный минерал, который активно стимулирует рост корневой системы и растения в целом. Но и почва, обогащенная перлитом, — благоприятная среда для миграции воды и всех питательных веществ «к месту назначения». Сначала эти вещества аккумулируются в перлите и только потом проникают в корень. Этим фактам есть подтверждения — экспериментальные данные, представленные в табл. 1. Развитая корневая система в обоих случаях позволяет осуществлять процессы фито-, ризодеградации углеводородов нефти в почве (табл. 5).

Таблица 5

Результаты процесса фито- и ризодеградации остаточного количества углеводородов нефти в почве сахарным сорго

Препарат	Территория	Концентрация нефтепродуктов в почве, мг/кг
	Контроль	185,4
На основе вермикулита	СЗЗ	39
На основе перлита		38

Земли, загрязненные нефтепродуктами, соответствующие 1-му уровню загрязнения (допустимому, т. е. меньше ПДК), не должны подлежать восстановлению [5]. Мы все же проводили опытно-экспериментальные исследования на территории размещения СЗЗ предприятия для выявления лучшего ремедианта (мелиоранта).

Для рекультивации техногенно-нарушенных земель с допустимым уровнем загрязнения мы рекомендуем применять новую комплексную технологию экологической ремедиации с применением препарата на основе вермикулита и сахарного сорго.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голованов А. И., Зимин Ф. М., Сметанин В. И. Рекультивация нарушенных земель. М. : Колос, 2009. 325 с.
2. Фитотоксичность субстрата на основе отходов промышленно-транспортной деятельности как показатель его пригодности в инженерно-экологической системе / В. Ф. Желтобрюхов, Н. В. Колодницкая, В. М. Осипов, И. А. Полозова, Ю. Н. Картушина // Экологические системы и приборы. 2013. № 1. С. 42—48.
3. Создание искусственного биогеохимического барьера для защиты урбоэкосистемы / В. Ф. Желтобрюхов, Н. В. Колодницкая, В. Н. Стяжин, Г. К. Лобачева, И. А. Полозова // Экологические системы и приборы. 2012. № 6. С. 28—35.
4. Предотвращение загрязнения подземных вод путем создания искусственных биогеохимических барьеров / Г. К. Лобачева, Н. В. Колодницкая, В. И. Сметанин, И. Ж. Гучанова, В. Ф. Желтобрюхов, В. М. Осипов, А. И. Филиппова // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 11: Естественные науки. 2012. № 1. С. 48—57.
5. Способ создания биохимических барьеров путем рекультивации земель, загрязненных продуктами нефтепереработки / Г. К. Лобачева, А. В. Карпов, О. А. Макаров, И. Ж. Гучанова, А. И. Филиппова, Н. В. Колодницкая // Вестник Волгогр. гос. ун-та. Сер. 10: Инновационная деятельность. 2012. № 6. С. 119—133.
1. Golovanov A. I., Zimin F. M., Smetanin V. I. Rekul'tivatsiya narushennykh zemel'. M. : Kolos, 2009. 325 s.
2. Fitotoksichnost' substrata na osnove otkhodov promyshlenno-transportnoy deyatel'nosti kak pokazatel' ego prigodnosti v inzhenerno-ekologicheskoy sisteme / V. F. Zheltobryukhov, N. V. Kolodnitskaya, V. M. Osipov, I. A. Polozova, Yu. N. Kartushina // Ekologicheskie sistemy i pribory. 2013. № 1. S. 42—48.
3. Sozdanie iskusstvennogo biogeokhimicheskogo bar'era dlya zashchity urboekosistemy / V. F. Zheltobryukhov, N. V. Kolodnitskaya, V. N. Styazhin, G. K. Lobacheva, I. A. Polozova // Ekologicheskie sistemy i pribory. 2012. № 6. S. 28—35.
4. Predotvrashchenie zagryazneniya podzemnykh vod putem sozdaniya iskusstvennykh biogeokhimicheskikh bar'erov / G. K. Lobacheva, N. V. Kolodnitskaya, V. I. Smetanin, I. Zh. Guchanova, V. F. Zheltobryukhov, V. M. Osipov, A. I. Filippova // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. 11: Estestvennye nauki. 2012. № 1. S. 48—57.
5. Sposob sozdaniya biokhimicheskikh bar'erov putem rekul'tivatsii zemel', zagryaznennykh produktami neftepererabotki / G. K. Lobacheva, A. V. Karpov, O. A. Makarov, I. Zh. Guchanova, A. I. Filippova, N. V. Kolodnitskaya // Vestnik Volgogr. gos. un-ta. Ser. 10: Innovatsionnaya deyatel'nost'. 2012. № 6. S. 119—133.

© Колодницкая Н. В., Желтобрюхов В. Ф., Осипов В. М., Стяжин В. Н., Карпов А. В., 2013

Поступила в редакцию
в мае 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Оценка эффективности биогеохимического барьера (фитобарьера) с помощью регрессионного анализа / Н. В. Колодницкая, В. Ф. Желтобрюхов, В. М. Осипов, В. Н. Стяжин, А. В. Карпов // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 161—165.

УДК 628.544(470.45)

И. В. Поляков

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ПОЛИГОНОВ ТБО В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Рассматриваются предложения и рекомендации по дополнению, развитию и конкретизации существующих нормативных документов по созданию полигонов ТБО применительно к местным условиям и с учетом накопленного опыта проектирования и строительства данных объектов. Особое внимание акцентировано на охране и мониторинге за состоянием воздушной и водной среды.

К л ю ч е в ы е с л о в а: проектирование полигонов ТБО, защита атмосферного воздуха, экологический риск, экологическая нагрузка, пыль, стоки.

The author considers suggestions and recommendations concerning the amendment, the development and the specification of the present regulations on the creation of landfills under local conditions and taking into account the experience of designing and construction of such objects. Particular attention is paid to the protection and monitoring of air and water environment state.

Key words: designing of landfills, protection of air environment, environmental risk, environmental load, dust, water discharge.

Общие требования по проектированию полигонов захоронения твердых бытовых отходов (полигонов ТБО) содержатся в действующих санитарных правилах СП 2.1.7.1038-01 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов» [1], однако их рекомендации для решения практических задач в конкретных условиях часто оказываются недостаточными при эксплуатации данных объектов.

Полигон ТБО как комплекс сооружений, в состав которых входит рабочая карта захоронения отходов; хозяйственная зона с бытовым помещением для обслуживающего персонала, площадками для стоянки и мытья техники; пожарные резервуары; дезинфекционный барьер; система освещения и ограждения территории; водоотводные, очистные и накопления стоков сооружения; пост радиометрического контроля, предназначенный для размещения и обезвреживания ТБО, концентрирует на ограниченной территории значительные количества загрязняющих веществ. С этой точки зрения он создает опасность для окружающей природной среды как ее потенциальный загрязнитель большой мощности. Для нейтрализации этой опасности в конструкции полигона предусматриваются защитные устройства, препятствующие проникновению загрязняющих веществ в окружающую среду. Их наличие определяет появление у полигона природоохранных функций, принципиально отличающих полигон ТБО от мусорной свалки [2].

Основные природоохранные функции полигона ТБО: предотвращение попадания загрязняющих веществ со стоками в поверхностные и подземные воды; защита атмосферного воздуха от загрязнения пылегазовыми выбросами и продуктами горения ТБО; защита окружающей местности от неприятных запахов и разноса ветром легких фракций отходов с поверхности карт складирования ТБО; предотвращение распространения грызунов, насекомых и болезнетворных микроорганизмов; придание массиву отходов формы, очертаний и внешнего покрытия, сочетаемых с ландшафтом местности и безопасных для людей [3].

Проектирование полигонов ТБО ведется на условиях минимизации экологического риска, согласно которой решается задача максимально возможного снижения экологической нагрузки на окружающую природную среду, прежде всего, на водные объекты, при соблюдении условий технической осуществимости и экономической приемлемости проектируемых мероприятий.

В соответствии с концепцией при проектировании полигона ТБО, кроме выполнения общих нормативных требований, необходимо:

- 1) при выборе оптимального варианта размещения площадки под полигон ТБО учитывать весь комплекс физико-географических условий каждого варианта; в частности, наряду с инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями площадки, оценивать также тектонические условия района размещения полигона;
- 2) учитывать климатические условия района;
- 3) предусматривать комплекс мероприятий противифльтрационной защиты для минимизации выноса загрязняющих веществ в водные объекты;
- 4) предусматривать комплекс сооружений по сбору загрязненных стоков со всей территории полигона, их очистке и отведению;
- 5) предусматривать изоляцию слоев укладываемых отходов и устройство внешнего водозащитного покрытия полигона с дальнейшей рекультивацией его поверхности;
- 6) обеспечивать эффективную дегазацию массива отходов на всех этапах существования полигона;
- 7) предусматривать организованный сбор талых и дождевых вод со всей территории полигона;
- 8) предусматривать организацию мониторинга состояния окружающей среды на близлежащей территории;
- 9) в случае выявленных изменений состояния среды предусматривать расчет и перерасчет в ходе мониторинга санитарно-защитной зоны полигона;
- 10) предусматривать селективное захоронение отходов, с возможностью отбора и вторичной переработки некоторых их видов, а также прессовку и брикетирование отходов для уменьшения объема захоронения и исключения процесса выдувания легких фракций.

По топографическим условиям наиболее благоприятными являются участки с умеренно-наклонным рельефом, желательно односклоновые, примыкающие одной стороной к линии поверхностного водораздела, что значительно упрощает организацию противифльтрационной защиты и отвод фильтрата из тела полигона. Неблагоприятны участки практически горизонтальные (уклоны менее 0,002) и косогорные (уклоны более 0,02), особенно при расположении их в нижней части склона [3].

По сопоставительной ценности изымаемых земель наиболее приемлемы варианты размещения площадок на землях, занятых малоценными сельхозугодьями, незалесенных или не покрытые лесами и лесонасаждениями территории.

По гидрологическим параметрам благоприятными условиями являются минимальная площадь водосбора к площадке полигона, максимальная водность водотока (реки) — потенциального приемника стоков полигона и отсутствие на ней водозаборов.

По геологическому строению благоприятным является залегание с поверхности слоя четвертичных отложений мощностью 4 м и более, для Волгоградской области мощность данного горизонта в среднем составляет несколько десятков метров на равнинных территориях. По гидрогеологическим условиям приемлемы те варианты размещения площадки, по которым имеется слой глинистых грунтов в основании (ниже дна котлованов) более 2 м;

уровень первого от поверхности горизонта подземных вод (не считая верховодки) залегает ниже подошвы глинистого слоя;

вся площадка располагается по одну сторону от подземного водораздела; поток основного горизонта подземных вод направлен к водотоку с менее жесткими экологическими требованиями;

вниз по потоку отсутствуют водозаборы подземных и поверхностных вод.

Волгоградская область не относится к числу сейсмически активных регионов. Но при выборе площадки и разработке схемы генплана полигона особое внимание уделяется вопросам геотектоники. Предпочтительны площадки, не имеющие тектонических нарушений.

В Волгоградской области слой атмосферных осадков ниже уровня испарения почти в два раза, 300...400 и 600...800 мм/год соответственно, и учет этого фактора говорит о засушливости региона. Но все же максимальное количество осадков приходится на зимне-весенний период, что вызывает угрозу затопления рабочих карт именно в данный сезон и неизбежность образования загрязненных стоков (фильтрата) полигона, особенно при большом проценте заполнения рабочей карты полигона.

При анализе проектных решений полигонов ТБО установлено, что защита водных объектов от загрязнения в зоне потенциального влияния полигона в принципе не может быть решена при помощи одних только пассивных средств противofильтрационной защиты, т. е. экранов и дренажных систем. В соответствии с концепцией противofильтрационная защита рассматривается в широком смысле, как комплекс мероприятий, направленных на минимизацию

объемов образования фильтрата полигона за счет поэтапного освоения территории и устройства водозащитного покрытия по внешним откосам и поверхности массива отходов;

объемов фильтратонных утечек через основание полигона за счет устройства искусственного барьера (противofильтрационного экрана) и дренажной системы, обеспечивающей отвод фильтрата из тела полигона и снятие избыточного гидростатического давления на барьер;

выноса загрязняющих веществ в водные объекты с остаточной фильтрацией через искусственный барьер за счет максимального использования естественного (природного) геохимического барьера;

внешних источников подтопления карт захоронения отходов путем создания водозаградительных и дренажных систем вокруг непосредственно каждой карты захоронения ТБО, при том что утилизация фильтрата предусмотрена путем испарения с поверхности отходов, выдаваемого из дренажных колодцев.

Искусственный барьер в проектах решается, как правило, в виде грунтово-пленочного экрана, основным водоупорным элементом которого является

полиэтиленовая пленка или геомембрана. Сопоставительный анализ показывает, что экраны с геомембраной обеспечивают более высокие эксплуатационно-технические характеристики и надежность [3].

Пленочный элемент экрана повреждается под влиянием в основном двух факторов:

- 1) грубые нарушения технологии при производстве строительных работ;
- 2) водная и солнечная эрозии при больших площадях экрана, длительное время остающихся не покрытыми отходами.

Первый фактор нейтрализуется жестким контролем за производством работ, с применением геофизических методов контроля целостности уложенного экрана. Для устранения негативного влияния второго фактора применяются специальные методы противоэрозионной защиты, в том числе дробление поверхностного стока, надэкранный дренаж, компенсаторы температурно-усадочных напряжений в пленке, а также устройство защитного слоя из мягких геотекстильных материалов.

Для сохранения изолирующих свойств экрана при случайных повреждениях пленочного элемента в качестве его подстилающего слоя используется слой из геотекстильной ткани с наружной и внутренней частью защитной пленки и слоя глинистого грунта (естественного или уплотненного карьерного) толщиной не менее 1 м.

Многолетний опыт проектирования, строительства и эксплуатации противofильтрационных экранов различной конструкции показывает, что абсолютно непроницаемых экранов не существует. Эффективность экранирования можно оценить отношением предотвращенной при помощи экрана фильтрации к тому ее объему (расходу), который существовал бы в случае отсутствия экрана. С учетом реальной повреждаемости пленочного элемента эффективность экранов с тонкой пленкой оценивается на уровне 70 %, экранов с толстой пленкой — 90 % [3].

Негативное влияние остаточной фильтрации на состояние подземных вод в значительной мере погашается, если между экраном и ближайшим к нему водоносным горизонтом существует достаточно мощный естественный геохимический барьер [4].

Под естественным геохимическим барьером понимается наличие в основании полигона таких пород (главным образом глинистых), которые способны эффективно препятствовать выносу загрязнений полигона в горизонты подземных вод. Такой барьер одновременно выполняет функции

естественного противofильтрационного экрана, уменьшающего общий объем инфильтрации загрязненных стоков;

природного сорбционного и ионообменного фильтра, задерживающего значительную часть загрязнений из фильтрующихся через него стоков.

Ведущей здесь является функция очистки стоков, поэтому нельзя сводить понятие геологического барьера только к его экранирующему эффекту. Оценка защитного эффекта естественного геохимического барьера дается с использованием аналогов или по результатам специальных исследований, проводившихся в сопоставимых условиях. Отчасти функции такого барьера выполняет также и глинистый подстилающий слой пленочного экрана [3].

Для максимального использования защитного эффекта геохимического барьера при выборе площадки под полигон предпочтение следует отдавать вариантам с глубоким залеганием подземных вод.

Сбор стоков осуществляется с участка захоронения отходов — надэкранным дренажом, с остальной территории полигона (в том числе хозяйственной зоны) — системой ливневой канализации. Однако территория, подготовленная под развитие полигона (будущие карты захоронения отходов) [1, 2], остается без водосбора и может служить источником дополнительных талодождевых вод, которые могут привести к затоплению рабочей карты, выходу фильтрата за пределы защитного экрана и попаданию его в открытые водные объекты и грунтовые воды.

В проектах полигонов предусматривается послойная укладка ТБО с пересыпкой их промежуточными изолирующими слоями из местного грунта. Размеры рабочих карт назначаются такими, чтобы пересыпка осуществлялась ежедневно. Толщина слоя уплотненных ТБО — 2 м, изолирующего грунтового слоя — 0,2 м. Слои укладываются методом надвига, с контруклоном относительно рельефа основания, что позволяет:

- 1) предотвратить подтекание фильтрата по слоям к внешним откосам;
- 2) производить устройство водозащитного покрытия внешних откосов параллельно с укладкой отходов [1].

Внешние откосы массива отходов формируются с заложением 1: 3,5; через каждые 6 м по высоте устраиваются промежуточные бермы шириной 4...6 м, что обеспечивает нормативные уклоны откосов 1 : 4 [2]. По внешним откосам и поверхности полигона устраивается многослойное грунтовое водозащитное покрытие с внутренней дренажной прослойкой. Верхний слой покрытия отсыпается плодородным грунтом и озеленяется. Для защиты от размывов, по бермам и откосам устраивается система водоотводных устройств (кюветы, лотки).

Серьезные проблемы создает выделяющийся из заскладированных отходов биогаз. Масса выделяющегося за год биогаза на 10—15-й год эксплуатации полигона достигает 15 % от годового количества размещаемых отходов. При устройстве слабопроницаемого внешнего покрытия внутри тела полигона образуется избыточное давление, которое в сочетании с повышенной температурой создает потенциальную опасность возгораний газа, его локальных прорывов и даже взрывов. Поэтому при проектировании полигонов ТБО с внешним покрытием необходимо предусматривать систему дегазации, которая должна функционировать в течение всего срока эксплуатации полигона, а в постэксплуатационный период — до прекращения активного газовыделения, что особенно характерно для полигонов, расположенных на территории регионов с жаркими летними периодами, такими как Волгоградская область.

По расчетным данным на полигоне ТБО в Котельниковском районе Волгоградской области с годовым объемом захоронения 12 500 м³ ТБО и 4625 м³ промышленных отходов (отходы строительного производства) или 2500 и 6937,5 т соответственно, объем выбросов в атмосферный воздух составит 743,3 т/год. Основную часть выбросов составляет образующиеся в процессе гниения отходов биогазы, и малую часть (0,1349 т/год) составляют пыль и взвешенные вещества [4].

Расчетный объем выделения пыли на 1 га полигона в период строительства составит

$$1,551 \text{ т} / 14,1 \text{ га} = 0,11 \text{ т/га.}$$

Расчетный объем выделения пыли в период эксплуатации полигона составит на 1 т захороняемых отходов

$$0,1349 \text{ т/год} / 9437,5 \text{ т/год} = 0,0000143 \text{ т.}$$

По системе мониторинга проектом полигона ТБО предусматривается контроль

газового состава атмосферного воздуха на территории рабочих карт, по периметру полигона и на границах санитарно-защитной зоны;

качества поверхностных и подземных вод в зоне потенциального влияния полигона.

Для решения последней задачи по результатам гидрогеологических исследований устанавливаются уровни и направления потоков подземных вод, в соответствии с которыми в проекте даются рекомендации по расположению пунктов режимной наблюдательной сети скважин и гидропостов на водотоках. Режимная сеть скважин проектируется обычно по лучевой схеме (от центра участка захоронения отходов) и включает:

фоновый гидрогеологический створ — вверх по потоку подземных вод;

2—3 контрольных гидрогеологических створа по наиболее вероятным направлениям распространения загрязнений от полигона по горизонтам подземных вод; количество скважин на контрольных створах устанавливается в зависимости от расстояний до мест вероятной разгрузки потоков в местные дрены, исходя из среднего расстояния между скважинами 300...500 м [4].

По такому же принципу закладываются режимные гидропосты на водотоках вокруг полигона: фоновые — выше зоны влияния, контрольные — в предполагаемых местах разгрузки загрязненных подземных вод и ниже них по течению — до ближайших пунктов водопотребления.

Гидрогеологические режимные пункты представляют собой кусты скважин, каждая из которых оборудуется для наблюдения за одним горизонтом подземных вод (грунтовых, трещинно-грунтовых и др.).

Закладка режимной наблюдательной сети должна производиться до строительства основных объектов полигона, чтобы к моменту ввода в эксплуатацию пускового комплекса полигона уже были накоплены данные режимных наблюдений как минимум за один полный год. Эти данные характеризуют фоновые показатели уровня режима и химического состава подземных вод в районе полигона до начала его эксплуатации, относительно них в дальнейшем будут оцениваться изменения этих показателей в результате эксплуатации полигона.

Рассмотрение вопросов совершенствования и повышения норм проектирования полигонов захоронения твердых бытовых отходов является актуальным для Волгоградской области, так как действующих и строящихся полигонов насчитывается всего несколько объектов, а для целей захоронения отходов используются в основном мусорные свалки. В настоящий момент планируются к возведению и уже находятся в стадии проектирования полигоны ТБО в городе Волгограде, Светлоярском, Камышинском и других районах области. В рамках соглашения о государственно-частном партнерстве между администрацией региона и предприятием «Управление отходами Волгоград» в ближайшее время в Волгоградской области будет построено 10 полигонов ТБО, установлено 10 мусороперерабатывающих станций и 6 мусоросортировочных межрайонных комплексов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 2.1.7.1038-01. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов. М. : Минздрав РФ, 2001.
 2. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов, утвержденная Минстроем РФ 02.11.1996 г., согласованная ГоскомСанэпидемконтролем РФ (письмо № 07-8/17-11 от 10.11.1996 г., Мособлкомприродой (письмо № ЭЭ-8 от 05.02.1997г.)
 3. Проектирование полигонов ТБО / Я. И. Вайсман, В. Н. Коротаев, М. А. Тагилов, С. П. Вострецов // Экология и промышленность России. 2001, февраль.
 4. ПД 001/2009-ПМООС. Полигон ТБО (твердых бытовых отходов) и промышленных отходов IV и V классов опасности в Котельниковском районе Волгоградской области. Волгоград, 2009.
-
1. SP 2.1.7.1038-01. Gigenicheskie trebovaniya k ustroystvu i sodержaniyu poligonov dlya tverdykh bytovykh otkhodov. M. : Minzdrav RF, 2001.
 2. Instruksiya po proektirovaniyu, ekspluatatsii i rekul'tivatsii poligonov dlya tverdykh bytovykh otkhodov, utverzhennaya Minstroem RF 02.11.1996 g., soglasovannaya GoskomSanepidemkontrolem RF (pis'mo № 07-8/17-11 ot 10.11.1996 g., Mosoblkomprirodoy (pis'mo № EE-8 ot 05.02.1997g.)
 3. Proektirovanie poligonov TBO / Ya. I. Vaysman, V. N. Korotaev, M. A. Tagilov, S. P. Vostretsov // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2001, fevral'.
 4. PD 001/2009-PMOOS. Poligon TBO (tverdykh bytovykh otkhodov) i promyshlennykh otkhodov IV i V klassov opasnosti v Kotel'nikovskom rayone Volgogradskoy oblasti. Volgograd, 2009.

© Поляков И. В., 2013

*Поступила в редакцию
в июне 2013 г.*

Ссылка для цитирования:

Поляков И. В. Основные принципы проектирования и строительства полигонов ТБО в Волгоградской области // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 166—172.

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ТЕОРИЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДА

УДК 72.01

Е. В. Денисенко

БИОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ И БИОПОДХОДЫ В АРХИТЕКТУРЕ ХХІ ВЕКА

Рассмотрено соответствие критериев живых систем и классификации архитектуры бионаправления, которое непосредственно связано с применением биологических критериев организма, его жизненной организации, функционирования, качеств, характеристик и структур.

Ключевые слова: биологические критерии, архитектура бионаправления, живые природные системы.

Considered is the correspondence of criteria of living systems and the classification of architecture of bio approach that is directly connected with the appliance of organism's biological criteria, its life's organization, operation, qualities, properties and structures.

Key words: biological criteria, architecture of bio direction, natural living systems.

Биология! Великое новое слово в архитектуре и градостроительстве.

Ле Корбюзье

Архитектура отражает философские, религиозные, политические взгляды общества, природные факторы и научно-технические возможности. Природа в качестве источника вдохновения представляет собой неотъемлемый фактор в организации архитектурного пространства. Биологические аналогии и интерпретации имеют различный прикладной характер: функциональный, конструктивный, изобразительно-декоративный, концептуальный, эстетический [1]. Они связаны с научно-техническими прорывами в области открытия тайн природы, развитием и применением новых материалов и высоких технологий в архитектуре.

На протяжении последних десятилетий зафиксирован интерес архитектурного формообразования к основам бионаправления. В настоящее время он приобретает особую актуальность, так как архитектура находится во власти фрактальной геометрии, нелинейных систем, цепочных структур и безграничных возможностей высоких технологий (нано-, био-, когно-, инфотехнологии). Трансформация и переосмысление подходов к проектированию архитектуры бионаправления, возможности высоких технологий в архитектуре направлены на примирение и сохранение баланса в живом мире.

В табл. 1 приведены биологические критерии живых систем (организмов) и их интерпретация для дальнейшего рассмотрения в качестве базовых характеристик архитектуры бионаправления.

Таблица 1

Критерии и архитектура живых систем

Критерии живых систем	Архитектура живых систем
Мимикрия — сходство формы и окраски тела одного вида животных с другими, а также с растениями или предметами окружающей среды [2]	Природа выступает в качестве архитектурного объекта или элемента. «Растворение» форм и материалов архитектуры в природной среде
Метаболизм — совокупность процессов химических и физических превращений, происходящих в живых организмах и обеспечивающих их жизнедеятельность при взаимодействии с внешней средой [2]	Архитектура с возможностью цикличного взаимодействия с внешней средой
Адаптация — приспособление организма к условиям окружающей среды. Включает морфологические, физиологические, поведенческие и другие изменения (или их совокупность), обеспечивающие выживание в данных условиях [2]	Архитектура, реагирующая на изменения во внешней окружающей среде при сохранении внутреннего баланса
Авторегуляция — взаимодействие в природной системе, основанное на прямых и обратных функциональных связях, ведущее к динамическому равновесию или саморазвитию всей системы [3]	Трансформационные возможности архитектуры для организации благоприятной внутренней среды архитектурного объекта (комплекса)
Дискретность — свойство материи, специфически проявляющееся на уровне живых систем. Любая биологическая система (организм) состоит из отдельных, относительно автономных, но взаимодействующих частей, образующих структурно-функциональное единство [4]	Архитектурная и природная составляющие представляют собой визуально и структурно взаимодействующие части
Рост — увеличение размеров, достигается за счет повышения количества таких субъединиц, как молекулы и клетки. Развитие — качественное изменение, обеспечивается синтезом новых соединений и образованием клеток разных типов в результате дифференцировки [5]	Трансформируемость архитектурного объекта, возможности изменения внешних и внутренних состояний и параметров
Репродукция — способность живых организмов воспроизводить себе подобных [2]	Цикличность архитектуры выражается в возможности повторения элементов, применения возобновляемых материалов
Наследственность — способность живых организмов повторять в ряду поколений внешний облик, тип обмена веществ, особенности развития и другие признаки, характерные для каждого биологического вида [2]	Воспроизведение или интерпретация внешних форм живых организмов в архитектурной типологии

На основе анализа материала, представленного в профильной литературе по специальности, Интернете, а также периодических изданий на соответствующую тематику, составлена авторская классификация архитектуры биона-

правления XXI в. Бионаправление — комплексное направление в архитектуре, характеризующееся привлечением природной составляющей: соответствие принципам, структурам, свойствам, компонентам, формам и функциям живого организма и природной среды [6].

Авторская классификация архитектуры бионаправления XXI в.:

1. Архитектура из природных материалов. Применение биопозитивных, натуральных, экологически чистых природных материалов с учетом географического местоположения объекта для безопасности жизни и здоровья человека и минимизирования вредного влияния на окружающую среду.

2. Архитектура как внешнее сходство с природным элементом (животным, растением). Перенос форм животного и растительного миров в архитектурное формообразование. Символическое применение природных форм иногда противоречит функциональной составляющей архитектурного сооружения.

3. Архитектура-трансформер. Принцип формообразования, основанный на применении модульной конструкции, ячеистости, динамической изменчивости зданий посредством трансформации, изменения и перестройки.

4. Автономная архитектура. Здания с нулевым энергетическим балансом и биотическим круговоротом имеет возможность существовать независимо от инженерных инфраструктур. Целью является использование альтернативных источников тепла, электроэнергии, освещения и вентилирования. Экономия ресурсов или их переработка для функционирования объекта: защита от яркого света, солнечные панели, применение биомасс, пассивное солнечное отопление и охлаждение дома, естественная вентиляция с рекуперацией тепла, максимальный уровень дневного освещения и энергосберегающее освещение в темное время суток, усовершенствованные геотермальные системы.

5. Программируемая архитектура. Использование автоматизированного управления для функционирования архитектурного объекта и его централизованного мониторинга. Системы «умный дом», «интеллектуальное здание» основываются на функционировании высокотехнологичных устройств и программно-аппаратных средств: контроль расходов энергии; система сенсорных датчиков, реагирующих на движение; датчики температур и влажности воздуха; датчики контроля безопасности, мониторинг состояния здания.

6. Гармония архитектуры и природы. Интеграция архитектурного объекта в природную среду, неконфликтное взаимодействие, комплексное визуальное восприятие архитектурной формы и среды расположения объекта.

7. Архитектура — интеллектуальная биомасса. Внедрение новейших технологий (NBIC-конвергенция) в архитектурный объект (клэйтроника, биометрические материалы, наноккожа и т. д.). Возможность организации архитектурного пространства в виде интеллектуальной подвижной, трансформирующейся, реагирующей на поведение пользователя мембраны или биомассы.

8. Природа как внешняя оболочка архитектуры. Применение растительного мира в формировании архитектурного объекта. Зеленые (живые) стены и вертикальные сады используются для декоративного оформления, а также для охлаждения, сохранения тепла, благотворного воздействия на микроклимат, снижения уровня шума.

9. Интерпретация форм живой природы. Заимствование и преобразование биологической формы живых организмов в пластичную, сложную, динамичную структуру архитектурного объекта (биоморфная архитектура, биотек, нелинейная архитектура, дигитальная архитектура).

10. Архитектура, встроенная в ландшафт. Дома-землянки, дома, вырастающие из зеленого холма или острых скал, возвращают к домам первобытных людей, но с возможностями новых строительных материалов и техник.

11. Природный объект в качестве архитектурного (аброархитектура). Живой природный материал формирует древовидные структуры, грандиозные вертикальные сады и пространственные объекты из разнообразных культур. Архитектор, выступающий еще и садовником, направляет развитие растения и формирует объект. Также к данному типу относится применение пустых стволов больших деревьев в качестве пространства для жизни.

12. Архитектура вторичных ресурсов. Вторичное применение природных органических материалов для организации архитектурного объекта является экологически и экономически целесообразным [6].

Далее представлена авторская сводная таблица соответствия архитектуры живых систем и бионаправления (табл. 2).

Таблица 2

Соответствие архитектуры живых систем и бионаправления

Вид архитектуры	Бионаправление						
	Мимикрия	Метаболизм	Адаптация	Авторегуляция	Дискретность	Трансформируемость	Репродукция
Архитектура из природных материалов	●	—	—	—	●	—	●
Архитектура — внешняя копия природного элемента (животного, растения)	—	—	—	—	—	—	●
Архитектура-трансформер	—	—	—	●	—	●	—
Автономная архитектура	—	●	●	●	—	—	—
Программируемая архитектура	—	●	●	●	—	—	—
Гармония архитектуры и природы	●	—	—	—	●	—	—
Архитектура — интеллектуальная биомасса	—	—	●	●	—	●	—
Природа как внешняя оболочка архитектуры	●	—	—	—	●	—	—
Интерпретация форм живой природы	—	—	—	—	—	—	●
Архитектура, встроенная в ландшафт	●	—	—	—	●	—	—
Природный объект в качестве архитектурного (аброархитектура)	●	●	—	—	●	●	—
Архитектура вторичных ресурсов	●	—	—	—	—	—	—

На основании вышеуказанной сводной таблицы стоит отметить, что каждая позиция в классификации архитектуры бионаправления соответствует как минимум двум позициям критериев живых систем. В проектном опыте также отслеживается, что архитектурные объекты бионаправления концентрируют несколько выявленных позиций классификации.

В XXI в. благодаря возможностям высоких технологий станет возможной реализация «живой» архитектуры бионаправления, основанной на применении принципов, характеристик и особенностей живых систем.

Базовые характеристики «живой» архитектуры бионаправления:

- 1) экологичность (применение природных материалов и растительности);
- 2) пластичность (интерпретированная форма живого организма);
- 3) трансформация (динамическая изменчивость, программируемость);
- 4) высокая технологичность (интеллектуальная биомасса);
- 5) интеграция (благоприятное взаимодействие архитектурного объекта и среды его обитания).

Комплексное применение вышеуказанных базовых характеристик позволит воспроизводить архитектуру нового биологического, интеллектуального и эстетического уровней.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Philip Steadman. The Evolution of Designs. Biological analogy in architecture and the applied arts. A revised edition. Routledge. Taylor & Francis Group, 2008. 302 p.
2. sbio info. Проект «Вся биология». Биологический словарь [Электронный ресурс]. URL: <http://sbio.info/plugin.php?e=bioloavar> (дата обращения: 27.02.2013).
3. Реймерс Н. Ф. Реймерс экология, природопользование, законы экологии Реймерса. Словарь Реймерса. [Электронный ресурс]. URL: <http://rejmers.ru/> (дата обращения: 27.02.2013).
4. Критерии жизни. Дискретность. [Электронный ресурс]. URL: <http://home-edu.ru/user/f/00000911/citologia/zanitie-1/zanitie-1-6.htm> (дата обращения: 27.02.2013).
5. АКАДЕМИК [Электронный ресурс]. URL: <http://dic.academic.ru> (дата обращения: 27.02.2013).
6. Денисенко Е. В. Биоподходы в формировании архитектурного пространства XX—XXI вв. // Известия КГАСУ. 2012. № 4 (22). С. 23—33.
1. Philip Steadman. The Evolution of Designs. Biological analogy in architecture and the applied arts. A revised edition. Routledge. Taylor & Francis Group, 2008. 302 p.
2. sbio info. Proekt «Vsyā biologiya». Biologicheskii slovar' [Elektronnyy resurs]. URL: <http://sbio.info/plugin.php?e=bioloavar> (data obrashcheniya: 27.02.2013).
3. Reymers N. F. Reymers ekologiya, prirodopol'zovanie, zakony ekologii Reymersa. Slovar' Reymersa. [Elektronnyy resurs]. URL: <http://rejmers.ru/> (data obrashcheniya: 27.02.2013).
4. Kriterii zhizni. Diskretnost'. [Elektronnyy resurs]. URL: <http://home-edu.ru/user/f/00000911/citologia/zanitie-1/zanitie-1-6.htm> (data obrashcheniya: 27.02.2013).
5. AKADEMIK [Elektronnyy resurs]. URL: <http://dic.academic.ru> (data obrashcheniya: 27.02.2013).
6. Denisenko E. V. Biopodkhody v formirovani arkhitekturnogo prostranstva XX—XXI vv. // Izvestiya KGASU. 2012. № 4 (22). S. 23—33.

© Денисенко Е. В., 2013

Поступила в редакцию
в апреле 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Денисенко Е. В. Биологические критерии и биоподходы в архитектуре XXI века // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр.-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 173—177.

УДК 728

В. М. Молчанов, М. В. Благова

СОЦИАЛЬНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И СОЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К АРХИТЕКТУРЕ КОММЕРЧЕСКОГО ЖИЛИЩА В РОСТОВЕ-НА-ДОНУ

Излагаются социальные требования к архитектурной организации квартир в коммерческом жилище г. Ростова-на-Дону, сформулированные на основе изучения социально-функциональных особенностей организации квартир и домов и выявления архитектурных предпочтений будущих жителей, а также возможностей потенциальных потребителей жилья.

К л ю ч е в ы е с л о в а: социально-функциональные особенности, социальные требования, коммерческое жилище, Ростов-на-Дону.

Social requirements to the architecture of apartments in a commercial dwelling in Rostov-on-Don, formulated on the basis of studying of social and functional peculiarities of the organization of apartments and houses and identification of architectural preferences of future inhabitants, as well as the opportunities for prospective consumers are stated.

Key words: social and functional peculiarities, social requirements, commercial dwelling, Rostov-on-Don.

В условиях рыночной экономики особую актуальность приобретает формирование жилища с учетом потребностей, предпочтений и возможностей населения. Потребности и предпочтения определяют потребительскую модель жилища, экономические возможности — форму ее реализации в определенных социально-экономических условиях.

Социальные потребности выявляют с помощью социологических обследований (опросов, наблюдений, анкетирования) собственно потребностей и архитектурных предпочтений. Экономические возможности изучают с помощью маркетинговых исследований.

Потребности — это социальная информация, отражающая в данный момент необходимые (обязательные) для жизни человека жилищные условия, она несет в себе ограничения, обусловленные социально-экономическим положением обитателя [1, 2]. В проектировании жилища на данный момент социальные требования к архитектуре актуальны. При изменении социально-экономических характеристик потребителя потребности также меняются, следовательно, для проектирования эта информация морально устаревает и требует постоянной корректировки. Использование в проектировании выявленных в опросах потребностей дает общую и универсальную основу для проектирования, что часто использовалось в проектировании социального жилища в советский период.

Предпочтения — социальная информация, отражающая желаемые в идеале жилищные условия, находящаяся вне социально-экономического контекста, обусловленная глубинными, социально-культурными факторами. Эта информация актуальна более длительное время, так как социально-культурные факторы и нормы тесно привязаны к человеку [3, 4]. При проектировании жилища степень взаимосвязи выявленных предпочтений с социально-экономическими возможностями обитателя на основе поэтапной трансформации исходной социально-пространственной модели может при-

менять архитектор в каждом отдельном случае. Следовательно, использование архитектурных предпочтений при формировании потребительской модели позволяет отражать социально-функциональные особенности, обусловленные культурой человека и региона. Они определяются сущностными характеристиками региональной модели городского жилища.

В коммерческом жилище, где, согласно технологии проектирования, архитектор-проектировщик на предпроектной и проектной стадиях не имеет возможности получить нужную социально-пространственную информацию непосредственно у будущего потребителя, более уместным будет использование социальной информации в форме предпочтений, так как она содержит наиболее устойчивые представления о структурных и качественных характеристиках архитектурного решения.

Сегодняшняя ситуация в квартирном проектировании и строительстве г. Ростова-на-Дону характеризуется значительным расхождением представлений архитекторов и населения о городском жилище. Профессиональная модель жилища отличается от потребительской, во многом не соответствует реальным потребностям людей, желающих приобрести жилище. В процессе выбора типа жилого дома и функциональной схемы квартиры архитекторы и коммерческие застройщики, как правило, не учитывают потребности и пожелания будущих жильцов. После покупки квартиры следует обязательное ее приспособление к нуждам жителей и перепланировка [5].

Выявление социально-функциональных особенностей квартир и домов проводилось на основе данных ежегодных опросов населения г. Ростова-на-Дону по анкете «Архитектурные предпочтения горожан» (научный руководитель — зав. кафедрой архитектуры жилых и общественных зданий ИАрХИ ЮФУ, проф. В. М. Молчанов, 1992—2008 гг.). Каждая анкета содержит 35 вопросов, раскрывающих ключевые аспекты архитектурной организации жилой среды. Для данного исследования были обработаны в общей сложности ответы 1683 респондентов — нуклеарных городских семей с 1—2 детьми, проживающих в квартирном жилище. Главной целью анкетирования был сбор информации по предпочтениям горожан в отношении функциональной и архитектурно-пространственной организации городского жилища, что позволяет выявить реальные потребности и идеальные представления о жилище семей Ростова-на-Дону.

Установлены следующие особенности в организации **жилых помещений**.

Расположение спальных комнат в жилой ячейке (% от числа респондентов): все спальни в глубине квартиры — 92 %; одни спальни в глубине, другие при входе — 5 %; все спальни при входе — 1 %. На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что подавляющее большинство ответивших ростовчан (92 %) предпочитают размещать спальные комнаты в глубине квартиры.

Наличие в структуре жилой ячейки помещения для проведения профессиональных занятий (% от числа респондентов): увеличенная спальная комната с местом для занятий — 15 %; увеличенная общая комната с постоянным местом для занятий — 6 %; место в общей комнате, которое при случае можно использовать и для других целей — 6 %; специальное помещение (кабинет, мастерская) в квартире — 68 %; специальное помещение (кабинет, мастерская) в доме, в вашем жилом районе — 26 %; нет необходимости — 2 %.

Таким образом, в основном ростовчане предпочитают иметь в своей квартире отдельное помещение для профессиональных занятий — кабинет (68 %). У большинства семей имеется устойчивая тенденция иметь пространство для труда и занятий в жилище.

Необходимо также отметить, что подавляющее большинство респондентов предпочитают иметь в структуре своей жилой ячейки не только спальни, где спят, а также спальни, где спят и занимаются. Такая тенденция сохраняется как для спален взрослых, так и для детей.

Наличие и расположение в жилой ячейке места для приема пищи для всей семьи — столовой (% от числа респондентов): в общей комнате — 3 %; кухне с возможностью удобного размещения семьи, но не для приема гостей — 29 %; отдельном помещении (столовой) — 26 %; просторной кухне с возможностью приема гостей, отдыха, просмотра телевизора и занятий увлечениями — 46 %. Жители Ростова-на-Дону предпочитают иметь в своей жилой ячейке кухню-столовую-гостиную (46 %), multifunctionalное жилое пространство.

Особенности в организации летних и подсобных помещений.

Расположение лоджии в структуре квартиры и связь ее с другими помещениями (% от числа респондентов): при кухне — 36 %; спальне родителей — 12 %; детской комнате — 4 %; общей комнате — 35 %; ванной комнате — 1 %. В основном семьи предпочитают располагать лоджию или террасу при кухне (36 %) или при общей комнате (35 %), что говорит об использовании летних помещений для общения и хозяйственных целей. При этом ее средняя площадь варьируется в пределах от 4 до 8 м².

Необходимость в приквартирном участке (при соответствующих типах застройки) (% от числа респондентов): необходим — 60 %; особой нужды нет — 7 %; желателен — 20 %. Ростовчане ориентированы на максимально развитые летние помещения в жилой ячейке. При рассмотрении этого вопроса необходимо отметить, что большинство жителей Ростова хотели бы иметь приквартирный участок при кухне в соответствующих типах застройки.

Подавляющее большинство семей предпочитают иметь в структуре квартиры кладовые помещения для хранения сезонных запасов продуктов, помещение для хранения верхней одежды, оборудования и предметов для любительского труда. Площадь подсобных помещений варьируется от 4 до 8 м². Многие опрошенные отмечают необходимость устройства в жилище комплекса спортивных тренажеров, а при группе домов — универсальной площадки для спортивных игр.

Особенности в организации функциональной структуры и связи между помещениями в жилой ячейке.

Связь спальни с другими помещениями жилой ячейки (% от числа респондентов): с ванной — 52 %; туалетом — 26 %; лоджией (балконом) — 20 %; детской спальней — 9 %; с рабочим местом — 15 %; общей комнатой — 3 %; прихожей — 7 %. Большинство ответивших горожан предпочитают, чтобы спальная комната в первую очередь была связана с санитарно-гигиеническими помещениями — ванной комнатой (52 %) и туалетом (26 %).

Способ организации входа в квартиру (% от числа респондентов): через тамбур, который не входит в площадь квартиры, в общую комнату — 28 %; через тамбур в гостиную и далее — в общую комнату — 60 %; через тамбур

в гостиную, являющуюся также кухней-столовой — 11 %; другие варианты — 11 %. Основная масса семей предпочитает вход в жилую ячейку через тамбур в гостиную и далее в общую комнату (60 %), также многие респонденты (28 %) предпочитают вход через тамбур в общую комнату. Это, в свою очередь, определяет функционально-планировочные взаимосвязи в жилой ячейке, так как входной узел является узлом коммуникационного каркаса квартиры и делит ее на две функциональные зоны — общесемейную и личную.

При формировании функциональной структуры жилой ячейки в соответствующих типах малоэтажной застройки в условиях Ростова-на-Дону большинство ответивших предпочитает связь приквартирного участка с кухней. При этом участок многие из горожан использовали бы для рекреационных целей — разведения цветов либо отдыха.

Особенности в организации жилого дома.

Предпочтения населения по типу дома (% от числа респондентов): многоквартирный секционный 6—19 этажей — 6 %; малоквартирный секционный 3—5 этажей — 10 %; блокированный 1-, 2-этажный — 15 %; односемейный 1-, 2-этажный — 67 %. Большинство ответивших граждан предпочитают односемейный жилой дом (67 %), который отражает образ идеального, желаемого жилища.

Наличие в жилом доме помещения для коллективного общения и отдыха жильцов: универсальный зал (лекции, собрание жильцов, свадьбы, праздники) — 25 %; помещения для занятий физкультурой и спортом — 45 %; помещения для временного пребывания детей — 39 %; комнаты отдыха — 31 %; комната детского творчества — 48 %; мастерская — 33 %. Большинство ответивших горожан предпочитают в жилом доме иметь комнату детского творчества (48 %), помещения для занятий физкультурой и спортом (45 %) и помещения для временного пребывания детей (39 %). Из этого можно сделать вывод, что респонденты желали бы иметь в доме развитое обслуживание общего пользования для физической активности и общения детей.

Что является самым важным при оценке квартиры: величина квартиры — 20 %; жилая обеспеченность (кв. м общей площади на 1 чел.) — 16 %; размер жилых комнат — 24 %; количество изолированных жилых комнат — 25 %; наличие больших подсобных помещений — 7 %; наличие развитых летних помещений — 3 %. Большинство ответивших семей считают важным при оценке квартир наличие изолированных жилых комнат (25 %) и их размер (24 %), а также величину квартиры (20 %).

Особенности в организации жилой застройки.

Размещения в пределах жилища различных спортивных сооружений и устройств (% от числа респондентов): комплекс тренажеров в квартире — 10 %; комплекс тренажеров при доме — 16 %; универсальная площадка для спортигр при группе домов — 49 %; пешеходная дорожка для ходьбы, оздоровительного бега — 33 %; велосипедные трассы в жилом районе — 19 %; лыжные трассы в жилом районе — 5 %; бассейн в жилом районе — 37 %. Большинство ответивших респондентов предпочитают универсальную площадку для спортигр при группе домов (49 %), бассейн в жилом районе (37 %), а также пешеходную дорожку для ходьбы, оздоровительного бега (33 %), что подчеркивает рекреационно-оздоровительную направленность обслуживания, приближенного к квартире.

Выводы

Обобщение выявленных социально-функциональных особенностей организации квартир и домов позволило сформулировать социальные требования к проектированию жилого дома и жилой ячейки в г. Ростове-на-Дону. Социально-пространственные представления жителей крупнейшего южного города могут служить базовой моделью для построения перспективных архитектурно-планировочных структур квартир и домов в других городах Юга России:

1. Установлено, что в коммерческом жилище, где, согласно технологии проектирования, архитектор работает в отрыве от социально-пространственных представлений будущего потребителя, целесообразно использовать социальную информацию в форме предпочтений, так как они определяют наиболее важные структурные особенности квартир и домов, обусловленные социально-культурными региональными факторами.

2. Основным типом жилища для ростовчан является односемейный отдельно стоящий жилой дом. Таких желающих в 11 раз больше, чем в многоквартирном секционном доме. Жилой дом на участке, по мнению ростовчан, является самым лучшим типом жилища. Поэтому рынок индивидуального домостроительства имеет большой потенциал. Практически все ростовчане оценивают городскую квартиру с позиции ее соответствия потребительским качествам жилого односемейного дома. Самым популярным видом собственности является частный дом. Проектировать квартиру в южных городах следует исходя из максимального переноса архитектурно-пространственных свойств индивидуального дома с участком.

3. Весьма значимо социальное требование к жилищу в Ростове-на-Дону — максимальное развитие приквартирных летних помещений. Больше чем у половины респондентов прослеживается ярко выраженная потребность в общении с природой. Приквартирный участок хотели бы иметь 60 % семей для рекреационных целей. Основное назначение участка — отдых и общение с природой. Установлено социальное обоснование представления о городской квартире как единстве закрытого и открытого пространств, что в профессиональном сознании распространяется лишь на усадебное жилище.

4. Выявлена необходимость в организации входной зоны в квартиру — без традиционной для советского периода прихожей (60 %) — на основе тамбура и гостиной. Наиболее удобным входом в квартиру ростовчане считают вход через тамбур в гостиную и далее в общую комнату. При формировании входной зоны квартиры социально востребовано уменьшение коммуникационной составляющей и увеличение доли общесемейного жилого пространства для внесемейного общения.

5. Необходимо создание в жилище условий для творческого труда современного горожанина. Это свидетельствует о появлении в городской квартире новых качеств, обусловленных становлением информационного общества. Специальное помещение в квартире для профессиональных занятий, связанное с прихожей, общей комнатой или летним помещением, хотели бы иметь 68 % респондентов. Для любительских занятий предпочтительно иметь постоянную либо временную (трансформируемую) функциональную зону, расположенную в летнем помещении, на участке, в общей комнате или спальне (72 % опрошенных). Мастерскую для любительских занятий хотели бы иметь 26 % семей.

6. С точки зрения ростовчан, размещение зоны приема пищи в отличие от общепринятой схемы целесообразно в кухне-столовой-гостиной, которая является местом приема гостей и общесемейного отдыха. Это качественно меняет профессиональные стереотипы в представлениях о кухне в современной квартире. При проектировании квартиры зону питания следует рассматривать как центр общения и отдыха семьи на основе формирования единого многофункционального общесемейного жилого пространства.

7. Установлен социально обоснованный региональный «стандарт» расселения: необходимо предусмотреть изолированное расселение членов семьи в спальнях, расположенных в глубине квартиры: взрослых — в спальне на 2 человека, детей — в спальнях на 1 человека. Так, для нуклеарной семьи из 4 человек необходимо проектировать три спальни комнаты, расположенные в глубине квартиры. Это позволит разместить родителей и двух детей в отдельных жилых комнатах. Желательно связь спален с ванными комнатами. Важна хорошая связь спален с внешним пространством и зрительная изоляция окон спален.

Выявленные социальные требования послужат основой для разработки социально обоснованных профессиональных моделей жилых ячеек для Ростова-на-Дону в многоэтажных, среднеэтажных, блокированных и односемейных жилых домах. Использование социально-функциональных моделей на основе выявленных предпочтений потребителя в коммерческом жилище повысит его социальную и экономическую эффективность на стадии проектирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жилая ячейка в будущем // ЦНИИЭП жилища. М. : Стройиздат, 1982. 198 с.
2. *Карташова К. К.* Формирование архитектурно-планировочной структуры городского жилища на социально-демографической основе : автореф. дис. ... д-ра архит. М., 1985. 42 с.
3. *Молчанов В. М.* Отчет о научно-исследовательской работе по теме: «Социально-функциональные, инженерно-конструктивные, исторические и художественные проблемы формирования жилища в городах Юга России». Ростов н/Д, 1994. 456 с.
4. *Молчанов В. М., Хачикян Г. В.* Социальное обоснование новых моделей городского жилища для Юга России // Материалы XV научно-практической конференции Рост. гос. акад. архит. и иск-ва. Ростов н/Д, 2003. 67—68 с.
5. *Молчанова М. В.* Проектирование коммерческого жилища с учетом маркетинговых исследований : диссертация на соискание магистра архитектуры. Ростов н/Д, 2007. 165 с.
1. Zhilaya yacheyka v budushchem // TsNIIEP zhilishcha. M. : Stroyizdat, 1982. 198 s.
2. *Kartashova K. K.* Formirovanie arkhitekturno-planirovochnoy struktury gorodskogo zhilishcha na sotsial'no-demograficheskoy osnove : avtoref. dis. ... d-ra arkhrit. M., 1985. 42 s.
3. *Molchanov V. M.* Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote po teme: «Sotsial'no-funktsional'nye, inzhenerno-konstruktivnye, istoricheskie i khudozhestvennye problemy formirovaniya zhilishcha v gorodakh Yuga Rossii». Rostov n/D, 1994. 456 s.
4. *Molchanov V. M., Khachikyan G. V.* Sotsial'noe obosnovanie novykh modeley gorodskogo zhilishcha dlya Yuga Rossii // Materialy XV nauchno-prakticheskoy konferentsii Rost. gos. akad. arkhrit. i isk-va. Rostov n/D, 2003. 67—68 s.
5. *Molchanova M. V.* Proektirovanie kommercheskogo zhilishcha s uchetom marketingovykh issledovaniy : dissertatsiya na soiskanie magistra arkhitektury. Rostov n/D, 2007. 165 s.

© Молчанов В. М., Благова М. В., 2013

Поступила в редакцию
в мае 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Молчанов В. М., Благова М. В. Социально-функциональные особенности и социальные требования к архитектуре коммерческого жилища в Ростове-на-Дону // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 178—183.

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

УДК 711.03 (470.23-25)

А. В. Антюфеев, Г. А. Птичникова

РОЖДЕНИЕ СОЦГОРОДА: ПРОЕКТ ПЛАНИРОВКИ СТАЛИНГРАДА 1929—1933 гг.

Исследуются сложные и противоречивые по характеру градостроительные процессы рождения советского соцгорода в конце 1920-х—1930-х гг. Раскрываются особенности разработки схемы планировки Сталинграда под руководством профессора В. Н. Семенова.

К л ю ч е в ы е с л о в а: генеральный план, город, Сталинград, соцгород, планировочная концепция, урбанисты, дезурбанисты.

The authors research complicated and contradictive town-planning processes of the creation of a Soviet social city in the late 1920—1930s. The peculiarities of the development of the planning of Stalingrad under the direction of professor V. N. Semenov are revealed.

K e y w o r d s: master plan, city, Stalingrad, social city, planning concept, urbanists, anti-urbanists.

Тема развития советского города в конце 1920—1930-х гг. — соцгорода — направление исследований, которое требует глубокого осмысления и изучения. Этот период очень важен для всего отечественного градостроительства, так как многие черты, проявившиеся в этот короткий исторический миг, стали основополагающими на протяжении всей дальнейшей истории советских и теперь уже российских городов.

Истина, рождающаяся в спорах. Концепция социалистического расселения, которая энергично развивалась в период 1927—1933 гг., формировалась в активной дискуссионной форме. Особенно острым периодом, с точки зрения бурных дискуссий о строительстве новых городов и изменениях в структуре расселения, стали 1929 и 1930 годы. Именно в это время формулировались самые крайние позиции, как отмечает историк градостроительства И. Груза [1]. «Собрания, совещания, конференции, посвященные этой проблеме, привлекали тысячи специалистов — архитекторов, экономистов, социологов, философов». Острые споры развели по две стороны баррикад сторонников урбанистов и дезурбанистов. Характерно, что лидерами двух партий выступили не архитекторы, а представители совсем других профессий — экономист Л. М. Сабсович и социолог и экономист М. А. Охитович. По их литературным описаниям новых форм расселения архитекторы визуализировали образы соцгородов¹. Существо урбанистической

¹ Например, к направлению урбанистов были близки бр. Веснины, объединение АРУ во главе с Н. А. Ладовским; к дезурбанистам примкнул М. Я Гинзбург, М. О. Барщ, В. Н. Владимиров и др.

теории было ярко отражено в конкурсном проекте строительства Сталинграда, разработанного А. и Л. Весниными. Соцгород рассматривался как новый тип расселения — компактное градостроительное образование при промышленном или крупном сельскохозяйственном предприятии. Одним из главных отличий соцгорода от других градостроительных концепций было обобществление быта и коллективные формы жилища. Структура соцгорода состояла из так называемых жилкомбинатов — типовых градостроительных элементов, рассчитанных на несколько тысяч человек. Жилкомбинат понимался в виде увеличенного, разросшегося дома-коммуны.

Но не только творческие споры стали атмосферой рождения облика новых городов. Соцгорода строились в схватке за власть, за контроль над финансами и ресурсами двух мощных советских организаций — ГУКХ НКВД (НККХ) и ВСНХ (НКТП). Первая из них занималась градостроительным проектированием, осуществляемым силами коммунальных отделов местных органов власти, подчиняющихся ГУКХ НКВД². Вторая вела проектирование селитебных зон при производственных предприятиях, в нее входили проектные организации промышленных наркоматов, входящих в структуру ВСНХ СССР, а затем в Наркомат тяжелой промышленности СССР (Наркомтяжпром) [2]. В этот период формируются и мощные проектные организации, самыми известными из которых являются Гипрогор (Государственный институт по проектированию городов)³ и Стандартгорпроект (государственный трест по проектированию городов)⁴. Эти институты тоже боролись между собой за крупные заказы и интересные масштабные проекты.

Кроме того, необходимо отметить в процессе споров ту лепту, которую внесли иностранные архитекторы, приглашенные в СССР в рассматриваемый период. Они тоже сформировали группы с разными подходами к рассмотрению организации городского пространства. В первую группу входили немецкие архитекторы под руководством Эрнста Мая, во вторую — американские специалисты, руководимые Альбертом Каном. Таким образом, дискуссия о соцрасселении была не простым теоретическим, творческим спором, а шла в атмосфере обострения противоречий между различными структурами, настоящей борьбой многих участников, сопровождающейся порой резкой критикой, межличностными конфликтами, победами и поражениями.

От теории к практике. Трудности реалий. Параллельно теоретическим спорам в стране широким фронтом шло индустриальное освоение. Главными экспериментальными площадками становятся города, в которых строятся крупнейшие промышленные предприятия — «первенцы пятилетки». Наряду с такими городами, как Магнитогорск и Горький, Сталинград сфокусировал на

² Преобразованное в ГУКХ при СНК РСФСР, а затем в НККХ РСФСР.

³ В результате слияния Бюро планировки городов «Картоиздательства» НКВД РСФСР с «Проектгражданстроем» 9 августа 1930 г. в ведении НКВД РСФСР появляется мощная головная проектная организация республиканского значения — Государственный институт по проектированию гражданского строительства и по планировке и съемке населенных мест, получивший название «Гипрогор» [2].

⁴ Возник в 1931 г. за счет слияния Госпроекта № 2, занимавшегося проектированием фабрично-заводских поселков при промышленных предприятиях на основе применения типовых проектов гражданских зданий, с Проектно-планировочным бюро Цekomбанка по строительству новых городов и поселков [2].

себе внимание архитекторов для реализации новых градостроительных идей. При рассмотрении вопроса проектирования и строительства соцгородов необходимо обозначить те реальные трудности, с которыми на практике столкнулись проектировщики новых форм расселения. Самой острой проблемой можно назвать стихийный рост города. Рост шел по многим направлениям — увеличивались промышленные предприятия, население, территория.

В Сталинграде промышленное строительство получило грандиозный размах. В годы первых пятилеток были реконструированы старые и построено свыше 50 новых заводов, в том числе первый в стране Сталинградский тракторный завод, СталГРЭС, Судоверфь, лесопильные заводы. На долю города приходилось 55,3 % всей промышленной продукции Нижне-Волжского края. Примерно вдвое увеличилось число рабочих: в 1932 г. их было 67 тыс., что равнялось общей численности рабочих Саратова и Астрахани. В целом население города увеличилось с 117 тыс. в 1923 г. до 406 тыс. жителей в 1933 г. [3].

Всю вторую половину 1920-х годов происходил интенсивный территориальный рост города. Площадь Сталинграда увеличилась в три раза по сравнению с границами Царицына за счет присоединения новых территорий рабочих поселков, часто причиной становилось стремление охвата партийным руководством все большего населения. Городская структура формировалась по принципу «партийного» членения городской территории⁵. Как отмечалось в документе, относящемся к присоединению пос. им. Минина (бывший х. Новоникольский) к Сталинграду: «Непосредственное соседство поселка с городом возлагает на последний ряд ответственных задач по политическому руководству и воспитанию проживающих в поселке рабочих и вовлечения их в работу горсовета, что может быть достигнуто только при непременном слиянии поселка с городом» [4]. Все эти новые включения повлекли за собой существенное увеличение общей площади города.

Несмотря на призывы к «целесообразности строительства», город до конца 1920-х гг. застраивался стихийно, не делалось даже частичной планировки [5]. Неопределенность границ городских земель порождала многочисленные конфликты ведомственных организаций. Весь этот период рабочие поселки в Сталинграде строились рядом с промышленными предприятиями, располагаясь параллельно или вокруг них, зачастую вклиниваясь между отдельными промышленными группами.

Таким образом, к концу 1920-х гг. Сталинград представлял собой плохо управляемую, неблагоустроенную гигантскую территорию со слабым центром, доставшимся ему от уездного города Царицына, гроздьями рабочих поселков возле промышленных предприятий и сельскими поселениями, включенными в границы города. Вся эта цепочка вытянулась вдоль Волги на десятки километров. Для целостного функционирования расселенческой структуры была необходима транспортная коммуникация, связывающая между собой отдельные селитебные образования. Анализ документов, относящихся к периоду 1920—1930-х гг., доказывает наличие у местных властей сомнений в возможности управления таким градообразованием. Противниками присоединения

⁵ Как отмечает М. Г. Меерович в своей работе «Рождение соцгорода», членение территории шло «за счет создания таких административных единиц, которые были бы сбалансированы по численности управляемого пролетарского (и непролетарского) населения, с одной стороны, и управляющей партийной организации, с другой».

пригородных населенных мест к городу были и сельское население, не видевшее пользы от присоединения к городу, и местные предприятия, также не желавшие увеличения налогообложения и арендных платежей. В процессе исследования были выявлены попытки изменения городских границ в сторону уменьшения и исключения ряда поселков из города. Однако крупномасштабные планы развития Сталинграда одержали верх, и город продолжал свой неудержимый рост.

Стать городом, «которых у нас еще нет». Переломным моментом в стихийном развитии Сталинграда стал 1929 год, когда стало ясно, что рост промышленного строительства во многом превысил темпы городского развития. Летом 1929 г. была создана правительственная комиссия по вопросам планирования Сталинграда. В состав комиссии под председательством наркомвнудела РСФСР В. Н. Толмачева входили председатель Крайплана Т. С. Хвесин⁶, специалист по транспорту профессор П. П. Перекрестов, инженер-энергетик Ж. Л. Таннер-Таненбаум и архитектор профессор В. Н. Семенов. Комиссия пришла к выводу о необходимости прекращения ненормального роста и строительстве «единого города», потому что экономия пространства приводит не только к упорядочению строительства, но и к сокращению расходования средств на городское благоустройство. Местная газета «Борьба» по этому поводу писала: «Сталинград через известное время должен стать образцовым, подлинно социалистическим городом, таким городом, о котором лишь много писалось и говорилось, но которых у нас еще нет. Настал момент реализовать проекты городов будущего» [6].

Правительственная комиссия поручила члену комиссии, московскому архитектору В. Н. Семенову приступить к планировке Сталинграда [7]. В результате в конце 1929 года он вместе с Д. М. Соболевым и В. С. Поповым представил проект в Гипрогоре. Перед архитекторами была поставлена крайне сложная цель. С одной стороны, необходимо было разработать предложения по планировочной организации территории, которые позволили бы городу полноценно функционировать. С другой стороны, стояло условие разработки новых пространственных форм социалистического расселения, непохожих на известные исторические образцы. Третье условие, которое необходимо было обязательно принимать во внимание, — сжатые сроки реализации предложений и постоянный дефицит средств и ресурсов для полноценного строительства.

Какие же образцы и модели представлялись возможными для реализации в Сталинграде? Новая структура застройки Сталинграда должна была исходить от того, что «все промышленные предприятия должны представлять из себя в известной мере единое хозяйство, построенное на единой энергетической базе (СталГРЭС), на единой тщательно проработанной и продуманной системе всех видов транспорта...и на централизованной системе складского хозяйства... Каждый комбинат должен иметь достаточно развитую сеть подъездных путей,... позволяющую в максимальной степени провести принцип конвейеризации производства» [8]. Известный историк советской

⁶ Т. Хвесин был назначен начальником Сталинградстроя — Государственного управления по постройке социалистических городов в Сталинградском районе. Он являлся активным участником дискуссии урбанистов и дезурбанистов, поддерживал Л. Сабсовича.

архитектуры В. Э. Хазанова подчеркивала, что этот принцип однозначно и четко predetermined планировку Сталинграда. Не архитекторы, а Крайисполком считал необходимым «создать в районе Сталинграда пять социалистических городов с числом жителей в каждом 60...75 тыс. человек. Два города будут построены в северной части Сталинградского района, два — в южной части, а нынешний Сталинград будет постепенно радикально перестроен на совершенно новых социалистических началах» [9].

Свой вклад в обсуждение этой темы внес и инициатор строительства «социалистических городов» Л. М. Сабсович, который предложил построить в районе Сталинграда ряд небольших городов на 40 тыс. жителей [10].

Пять соцгородов. Итак, в основу формирования структуры города была положена идея создания «соцгородов». По проекту В. Н. Семенова развитие Сталинграда предполагалось осуществлять в форме нескольких отдельных градостроительных образований — «социалистических городов»: Металлогород (район заводов «Красный Октябрь», «Баррикады» и Сталинградский тракторный завод), Центрогород (административный центр), Лесогород (район лесопромышленности), Энергогород (или Электрохимгород) (район СталГРЭС), Город транспортников (район судоверфи) с общей численностью населения 450 тыс. жителей Соцгорода получили названия в соответствии с основными производствами, располагавшимися на их территории. Они распределялись равномерно в структуре города по два к северу и югу на равноудаленном расстоянии от сложившегося центра Сталинграда. По ориентировочным подсчетам В. Н. Семенова емкость этих городов составляла: СталГРЭСС (химия) — 75 тыс.; Купоросная (лес) — 30 тыс., Город (пищевика, служащие, металл) — 100 тыс.; Красный Октябрь (металл) — 75 тыс.; за Мечеткой — 75 тыс.

К началу 1930 года коллективом Гипрогора во главе с В. Н. Семеновым была закончена разработка предварительного эскизного плана пяти соцгородов, определившего размещение промышленных предприятий, транспортных коммуникаций, территорий под жилую застройку, учреждений обслуживания. Уже в сентябре 1930 г. схема планировки была рассмотрена Сталинградским горсоветом и одобрена для дальнейшей переработки с некоторыми замечаниями. После обсуждения основных положений генерального плана, подготовленного группой Семенова, конкретизация градостроительного проекта (на конкурсной основе) была поручена, как писала газета «Борьба», «лучшим архитектурным силам СССР»: А. и Л. Весниным, И. Голосову, группе ВОПРА, обществу гражданских инженеров, группам АСНОВА и ОСА. Детализация всех проектов проводилась специально созданным в Москве архитектурным бюро при стройотделе ОГПУ [11]. Одним из наиболее интересных проектов, предложенных для решения сложной градостроительной задачи, стала схема планировки Большого Сталинграда А. А. и Л. А. Весниных. Они предложили концепцию города-агломерации из пяти взаимосвязанных городов, где располагались жилкомбинаты, промпредприятия, зеленые зоны.

Итогом комплексной работы явился «сводный проект» — «проект большого Сталинграда». Этот проект был представлен В. Н. Семеновым на обсуждение президиума Сталинградского горсовета в апреле 1931 года. Семенов так оценивал свою работу: «Проект планировки Сталинграда принимает систему не 10—15 поселков, которые тянулись бы цепочкой вдоль Волги, около

заводов, а систему четырех-пяти организованных городов с количеством населения минимум в 50 тыс. человек в каждом. Эта система как наиболее компактная, позволяющая организовать правильную социальную базу, дает возможность наиболее выгодно окружить каждый город зеленой полосой, отделить его жилье от промышленных предприятий. 50 тыс. человек дает возможность устроить в каждом городе необходимые технические, культурно-социальные и бытовые предприятия и учреждения. Поэтому принятый Сталинградом стандарт является наиболее удовлетворяющим все запросы и потребности советского города» [12].

В целом развитие Сталинграда предполагалось путем создания новых самостоятельных комбинатов и соответствующим им городов на новых участках. Все «жилые города», как писал Семенов, проектировались по одному принципу: в центре парк, в котором располагаются здания культурно-общественного назначения, общие для всего города; вокруг них группируются жилые комбинаты⁷ так, чтобы «общественная часть каждого комбината располагалась ближе к центральному парку, далее идут спальные корпуса и детские учреждения — ясли и детские сады» [13].

Иначе говоря, города раскрывались к Волге в виде своеобразных амфитеатров, центром которых была зеленая зона. Парки шириной 1 км выходили из селитебных зон к реке. В этих парках размещались культурные, спортивные и другие учреждения. Семенов отмечал, что по берегу Волги против каждого города местная пристань и переезд на левый берег — место летнего отдыха и спорта.

Существенной реконструкции должен был быть подвергнут Центральный район Сталинграда (застройка бывшего Царицына). Часть города между железной дорогой и Волгой обращалась в общественно-культурный центр с возможно продолжительным сохранением лучших зданий и целых районов. Один из районов (от Гоголевской до Царицы), как наиболее ценный, мог быть сохранен полностью. Выше железнодорожной линии, согласно проекту, создавался административно-деловой центр города в виде линейной структуры шириной 400...500 м. Здесь формировался издаലെка видимый силуэт небоскребов: Дома Советов, конторские здания трестов, банков, Дома профсоюзов.

Отдельная тема — озеленение города. Сталинград — это город, расположенный в резкоконтинентальном климате, с жарким сухим летом и холодной зимой, в зоне степей и полупустынь. Поэтому внимание Семенова к вопросу смягчения климата в городской среде было не случайно. Все прибрежные территории вдоль рек превращались в парки. В центре соцгородов предполагалось создать три больших парка (ПКиО) с прудами. Главный парк размещался в пойме реки Царица, впадающей в Волгу. Здесь должны были размещаться выставочные и спортивные зоны. Кроме того, в парках находились дома отдыха и дома престарелых. Все это говорит о том, что Семенов внутренне оставался верен теме «городов-садов»⁸.

⁷ Проектированием жилых комбинатов непосредственно занимались бригада АСНОВА, архитекторы И. Голосов, Л. Чериковер.

⁸ В 1908 году Семенов уехал в Англию, где познакомился с работами ведущих градостроителей мира. В 1910 году он принял участие в учредительной конференции Королевского института британских архитекторов по градостроительству, будучи одним из участников строительства города-сада Лечурда. Вернувшись в 1912 году в Россию, спроектировал первый в нашей стране город-сад у платформы Прозоровская (теперь она называется Кратово).

Утверждение проекта. Утверждение проекта шло негладко. Президиум крайисполкома в целом одобряет проект Гипрогора под руководством В. Н. Семенова, однако поручает окончательный редакционный вариант Сталинградстрою и дает определенные поручения по ходу дальнейшего планирования. В ноябре 1931 года Президиум Нижневолжского краевого исполнительного комитета окончательно одобряет проект планировки после доклада Семенова. О Сталинградстрое речи больше не идет, более того, решением от 17 февраля 1932 года областной строительный трест был расформирован и реорганизован. План, разработанный Семеновым, был окончательно утвержден в Москве Совнаркомом 21 апреля 1933 года. В соответствии с Постановлением «Об утверждении проекта планировки гор. Сталинграда» СНК РСФСР проект был принят как основа для распределения земельных участков, регулирования строительства и проектирования всех видов технического оборудования. Кроме того, утверждалось деление территории на четыре района, которые были названы так: Металлистов, Центральный, Химиков и Красноармейский. Общее количество населения города рассчитывалось до 730 тыс. жителей.

Необходимо пояснить, почему так долго шел процесс утверждения проекта. С одной стороны, от этого проекта ожидали планировочных инноваций, с другой стороны, предложения по социалистическому расселению шли вразрез с насущными проблемами города, были весьма дорогостоящими. Специалисты Гипрогора стремились найти компромисс между новыми формами социалистического расселения и тем непростым фактическим положением, в котором находился город. Сложившаяся городская структура не справлялась с адаптацией к стремительному развитию промышленности и росту численности населения. Мощностей городского водопровода для водоснабжения населения не хватало. Растянувшийся вдоль Волги на десятки километров город оказался без развитой транспортной системы, которая позволила бы функционировать ему как единому организму. Трамвай действовал лишь в центральной и северной частях города. Связь с южными районами Бекетовкой и Старой Отрадой, Красноармейском осуществлялась только с помощью пригородного железнодорожного сообщения. Остро ощущался недостаток в объектах социального обслуживания — больницах, школах, детских учреждениях, банях, клубах. Поэтому архитекторы стремились привязаться к сталинградским реалиям.

Вместе с тем разработанный генеральный план, несмотря на его передовые установки, не совпадал с ожиданиями новых, прорывных решений по планировке социалистического города. На рабочем бюро краевой планировочной комиссии, обсуждавшей генплан Гипрогора, отмечалось: «...выполнение планировки Сталинградского промышленного района в настоящем ничем не отличается от ряда других работ по перепланировке городов, для которых нормы, сроки и способы работ предусмотрены в обычном порядке» [14]. Более того, Семенова упрекали в том, что планировка Сталинграда исходит из ранее сложившихся в нем производственно-экономических отношений, носящих ярко выраженный отпечаток капиталистических форм.

Практически сразу же после утверждения генерального плана возникла необходимость его корректировки. Этому способствовал ряд обстоятельств. Несмотря на то, что в генплане были заложены принципы ограничения роста

селитебно-промышленных образований, город продолжал территориально расти. В августе 1931 года было принято постановление о крупномасштабном жилищном, коммунальном и культурно-бытовом строительстве Сталинграда. Предусматривалось сооружение 300 тыс. м² жилья. Крупные средства отпускались на развитие городского водопровода, расширение транспорта, благоустройство. Была проведена трамвайная линия в Ельшанку, продолжилось строительство начатой еще в 1928 г. 48-километровой шоссейной дороги от СТЗ до Красноармейска. Кроме того, повысился административный статус города. В январе 1932 г. Сталинград получил новый административный статус, стал столицей Нижневолжского края, из Саратова краевой центр был переведен в Сталинград. В этой связи возникла острая необходимость корректировки генплана. Газета «Правда» писала: «Промышленному Сталинграду тесно на улицах старого города, он давно вырос из его границ. Сталинград должен строиться ударными темпами».

Однако, кроме изменения статуса города, возникла другая причина разработки нового генплана. В своей монографии «Архитектурное наследие Сталинграда» П. П. Олейников отмечает, к 1936 году выявились недостатки проекта В. Н. Семенова, а именно то, что в проекте не были учтены темпы развития промышленности, отмечалось необоснованное изменение планировочной сетки улиц и снос зданий, неудачное расположение промышленных и селитебных зон без надлежащих санитарно-защитных зон и другие [15].

Поэтому в 1937 г. Гипрогором (Ленинградское отделение) под руководством Н. А. Солофенко была начата разработка нового генерального плана, законченного к 1939 г.

Значение проекта В. Н. Семенова для дальнейшего развития города. В отечественном градостроительстве проект Большого Сталинграда, схема его планировки и застройки жилых районов, разработанные авторским коллективом под руководством Владимира Николаевича Семенова, были одной из первых реальных попыток материализовать в масштабах крупного города принципы развития города с новым социальным содержанием. В. Э. Хазанова отмечает, что этот проект позволил выявить те основные компоненты, которые стали впоследствии обязательными для других проектов соцгородов [16]. В их числе: членение селитебной территории на первичные градостроительные единицы — «суперблок» и первичные жилые единицы — «жилкомбинат», разветвленная транспортная сеть с наличием разных видов сообщения, система культурно-бытового обслуживания и система озеленения города. В проекте были обозначены черты жилкомбинатов, которые проектировались с дифференцированной системой обслуживания — на три ступени. Детально были разработаны предложения по формированию системы культурно-бытового обслуживания с крупными школами, вузами, размещенными в соответствии со специализацией в Металлогороде, Химгороде и т. д. В сфере общественного питания проектировались крупные фабрики-кухни, призванные решить вопросы обобществленного быта.

В схеме планировки Сталинграда были отражены многие современные тенденции развития города: агломеративный характер планировочной структуры, общий масштаб территориального роста города от тракторного завода

на севере до Волго-Донского канала на юге, несколько продольных магистралей, объединяющих урбанистическую систему в единый организм, размещение общественных центров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Груза И.* Теория города. М. : Стройиздат, 1972. С. 143.
2. *Меерович М. Г.* На острие схватки титанов // Архитектон. 2011. № 33. Режим доступа: http://archvuz.ru/2011_1/9 (дата обращения: 30.08.2011).
3. Постановление СНК РСФСР № 376 «Об утверждении проекта планировки гор. Сталинграда» от 21 апреля 1933 г. // ГАВО. Ф. 313. Оп. 1. Д. 119. Л. 21—22.
4. Ходатайство Сталинградского губисполкома в административную комиссию ВЦИКа РСФСР о включении пос. им. Минина в городскую черту Сталинграда. 19 августа 1926 г. // ГАВО. Ф. 37. Оп. 1. Д. 430. Л. 345—346.
5. Вопросы строительства // Борьба. 1928. 16 февраля.
6. Превратим Сталинград в образцовый, подлинно социалистический город (Из речи наркомвнудела тов. Толмачева на объединенном пленуме горсовета и окрисполкома) // Борьба. 1929. 21 июля.
7. Сталинград строился без плана // Борьба. 1929. 18 июля.
8. РГАЛИ. Ф. 374. Оп. 8. Д. 1673. Л. 82—83.
9. *Хазанова В. Э.* Советская архитектура первой пятилетки. Проблемы города будущего. М. : Наука, 1980. С. 77.
10. Знайте о городах будущего // Борьба. 1929. 27 октября.
11. *Хазанова В. Э.* Советская архитектура первой пятилетки. Проблемы города будущего. М. : Наука, 1980. С. 70.
12. Социалистические города в районе Сталинграда // Борьба. 1929. 13 декабря.
13. *Семенов В. К.* строительству социалистического Сталинграда // Коммунальное дело. 1930. № 2. С. 13—16.
14. Заключение подкомиссии при рабочем бюро краевой планировочной комиссии по эскизу проекта планировки гор. Сталинграда, представленного Гипрогором, 1931 г. // ЦДНИВО. Ф. 71. Оп. 1. Д. 98. Л. 17—20.
15. *Олейников П. П.* Архитектурное наследие Сталинграда. Волгоград : Издатель, 2012. С. 85—86.
16. *Хазанова В. Э.* Советская архитектура первой пятилетки: проблема города будущего. М. : Наука, 1980. С. 78.
1. *Gruza I.* Teoriya goroda. M. : Stroyizdat, 1972. S. 143.
2. *Meerovich M. G.* Na ostrie skhvatki titanov // Arkhitekton. 2011. № 33. Rezhim dostupa: http://archvuz.ru/2011_1/9 (data obrashcheniya: 30.08.2011).
3. Postanovlenie SNK RSFSR № 376 «Ob utverzhdenii proekta planirovki gor. Stalingrada» ot 21 aprelya 1933 g. // GAVO. F. 313. Op. 1. D. 119. L. 21—22.
4. Khodataystvo Stalingradskogo gubispolkoma v administrativnuyu komissiyu VTsIKa RSFSR o vkluyuchenii pos. im. Minina v gorodskuyu chertu Stalingrada. 19 avgusta 1926 g. // GAVO. F. 37. Op. 1. D. 430. L. 345—346.
5. Voprosy stroitel'stva // Bor'ba. 1928. 16 fevralya.
6. Prevratim Stalingrad v obraztsovyi, podlinno sotsialisticheskiy gorod (Iz rechi nar-komvnudela tov. Tolmacheva na ob"edinennom plenumе gorsoveta i okrispolkoma) // Bor'ba. 1929. 21 iyulya.
7. Stalingrad stroilsya bez plana // Bor'ba. 1929. 18 iyulya.
8. RGALI. F. 374. Op. 8. D. 1673. L. 82—83.
9. *Khazanova V. E.* Sovetskaya arkhitektura pervoy pyatiletki. Problemy goroda budushchego. M. : Nauka, 1980. S. 77.
10. Znayte o gorodakh budushchego // Bor'ba. 1929. 27 oktyabrya.
11. *Khazanova V. E.* Sovetskaya arkhitektura pervoy pyatiletki. Problemy goroda budushchego. M. : Nauka, 1980. S. 70.
12. Sotsialisticheskie goroda v rayone Stalingrada // Bor'ba. 1929. 13 dekabrya.
13. *Semenov V. K.* stroitel'stvu sotsialisticheskogo Stalingrada // Kommunal'noe delo. 1930. № 2. S. 13—16.

-
14. Zaklyuchenie podkomissii pri rabochem byuro kraevoy planirovochnoy komissii po eskizu proekta planirovki gor. Stalingrada, predstavlenogo Giprogrom, 1931 g. // TsDNIVO. F. 71. Op. 1. D. 98. L. 17—20.
15. *Oleynikov P. P.* Arkhitekturnoe nasledie Stalingrada. Volgograd : Izdatel', 2012. S. 85—86.
16. *Khazanova V. E.* Sovetskaya arkhitektura pervoy pyatiletki: problema goroda budushchego. M. : Nauka, 1980. S. 78.

© Антюфеев А. В., Птичникова Г. А., 2013

*Поступила в редакцию
в июне 2013 г.*

Ссылка для цитирования:

Антюфеев А. В., Птичникова Г. А. Рождение соцгорода: проект планировки Сталинграда 1929—1933 гг. // Вестник Волгogr. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 184—193.

УДК 528.9:622.691.4.053

М. С. Жатикова

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТРАССЫ
МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ
ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТА СЕТИ ГАЗОПРОВОДА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Приведены материалы, характеризующие проблемы экологической надежности производственных линейных объектов. Представлена информация о методах прогнозирования и технических решений. Обоснована целесообразность использования экологического картографирования трассы магистрального газопровода при комплексной оценке воздействия.

К л ю ч е в ы е с л о в а: трасса магистрального газопровода, экологическое картографирование, линейные объекты, особо охраняемые территории.

In the article there are materials describing the problems of ecological safety of production linear objects. The information on forecasting methods and technical solutions is provided. The expediency of the use of ecological mapping of the main gas pipeline at complex assessment of its effect proved.

К е у w o r d s: main gas pipeline route, ecological mapping, linear objects, specially protected territory.

Россия — обладатель крупнейшего природно-ресурсного потенциала в мире, который составляет 20 % мировых запасов. Это говорит о том, что Российская федерация занимает особое место среди индустриальных стран. Россия занимает первое место в мире по запасам газа (32 % мировых запасов, 30 % мировой добычи). Ежегодно более 1/3 газа экспортируется в страны СНГ, Балтии, Западную Европу и Турцию.

Особенность газовой промышленности в том, что природный газ сразу направляется к потребителю. Поэтому его добыча, транспортировка и потребление — тесно связанные звенья единого процесса. Важная роль в нем принадлежит системе магистральных газопроводов. В России создана единая газопроводная система общей протяженностью 150 тыс. км.

Проблемы экологической надежности производственных подобных линейных объектов тесно связаны с экологическим состоянием среды непосредственного их расположения. Под экологической надежностью понимается способность системы объектов обеспечивать в течение заданного времени при заданных условиях эксплуатации или действия величины нагрузок от экологических факторов компонентов экосистемы, не превышающие допустимых значений.

В данном случае под экологическими факторами принято понимать воздействия, которые оказывают непосредственное влияние на характер и интенсивность протекающих в экосистеме процессов. Экологические факторы включают себя две группы: природные условия и искусственно созданные человеком компоненты. Магистральные газопроводы относятся к антропогенным источникам загрязнения прилегающих территорий.

Таким образом, очевидна актуальность рассмотрения данной тематики в связи с наличием в России самой мощной и самой большой по протяженности системы магистральных газопроводов.

Снижение негативного воздействия и влияния магистральных трубопроводов на окружающую среду в процессе их эксплуатации является одной из приоритетных задач современной экологии производственных объектов. В настоящее время комплексного подхода в решении поставленной задачи нет, нормативная документация, используемая при проектировании, строительстве и эксплуатации газопроводов, не несет полной информации.

В экологическом отношении магистральные газовые трубопроводы представляют собой исключительно специфические сооружения. Это объясняется протяженностью трубопроводов, достигающей нескольких тысяч километров, и объединением в территориальном плане в широко разветвленную транспортную систему подачи газа. Очевидно, что даже однотипная по конструктивно-технологическим параметрам эксплуатация магистральных трубопроводов в различных территориальных районах ведет к всевозможным экологическим последствиям [1, 2].

Магистральные трубопроводы оказывают влияние на микроклимат, прокладка траншей локально изменяет водный режим и растительный покров. При эксплуатации возникают достаточно мощные источники шума. Это компрессорные станции, аэропорты, вертолетные площадки, транспортные магистрали и т. д. Так как юг Европейской части РФ отличается сложными природно-климатическими и инженерно-геологическими условиями, нами рассматривается ряд проблем и задач комплексного использования изученных взаимосвязей факторов окружающей среды и проходящего по этой территории магистрального газового трубопровода.

Разработка методов прогнозирования и технических решений в целях снижения антропогенного воздействия на окружающую среду магистральных газопроводов является актуальной проблемой. Одним из таких методов исследования является используемый нами метод экологического картографирования. Данные, полученные в ходе исследования, имеют практическую значимость. Они могут служить не только рекомендациями, но также могут быть структурированы в нормативную базу, которая применялась бы на всех стадиях — от проектирования до эксплуатации.

Для проведения экологического картирования необходимы данные о размещении на местности и плано-картографической основе оси магистрального трубопровода и географической зоны прокладки. Каждый объект влияния или воздействия трубопровода на среду географически полностью совпадает с зоной его размещения. Оценка уровня воздействия каждого из факторов располагается по оси трубопровода в пределах определенного территориального участка, названного полигоном. Один и тот же уровень воздействия каждого из факторов в зоне размещения трубопровода может распространяться на один или несколько полигонов.

Разнообразие и большое количество объектов и факторов, подвергающихся воздействию со стороны трубопровода, определяют необходимость комплексной оценки. Воздействия магистрального трубопровода на окружающую среду начинаются с момента строительства и продолжаются на протяжении всего периода эксплуатации объекта. Факторы окружающей среды по степени опасности воздействия на них относятся к различным категориям, анализ которых позволит акцентировать внимание на наиболее важные направления. В то же время следует учитывать и воздействия на более низкие категории, так как они способны к кумулятивному действию на окружающую среду [3—6].

Целью тематического картирования является оценка воздействия магистральных трубопроводов на отдельные факторы окружающей среды. Это позволяет в дальнейшем произвести интегральную оценку территории.

Оценка может производиться на основе геоинформационных технологий как инструмента сбора, обработки и представления информации при выполнении работ на конкретных объектах и территориях. Она может являться базой для интегральной оценки влияния магистрального трубопровода на окружающую среду ($MT \rightarrow \sum OC$).

Информационная база состояния и изменений окружающей среды формируется на основе комплексного мониторинга всех производственных объектов с использованием интегрированной оперативной и достоверной информации о состоянии технологических процессов, экологической и аварийной обстановки, а также экспертных оценок.

Предлагается следующий метод моделирования экологической обстановки в области размещения трубопровода. Выбираются основные существенные параметры, определяющие экологическую обстановку в этой зоне. К числу таковых могут быть отнесены: температура воздуха, влажность и другие параметры в натуральном измерении; состояние грунтов, состояние водных ресурсов и другие — в балльных оценках экспертов (например, 1 — благоприятно, 2 — относительно благоприятно, 3 — неблагоприятно). Параметры в натуральных измерениях экспертным путем сводятся к балльным оценкам по той же шкале.

Вся область размещения трубопровода разбивается на полигоны необходимой конфигурации, в каждом из которых значение параметра постоянно. В результате значение каждого параметра будет определено в каждой точке области размещения трубопровода и геометрически образует собой отдельный слой по данному параметру. Количество слоев равно числу включенных в рассмотрение параметров.

Таким образом, в каждой точке области размещения трубопровода будет определена сумма баллов по всем слоям, характеризующая интегральную экологическую оценку этой точки.

Для определения оценки воздействия магистрального газопровода на особо охраняемые природные территории и историко-культурное наследие необходимо составление карты с обозначением на ней особо охраняемых природных и исторических территорий в соответствии с Федеральным законом «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995 г. № 33-ФЗ (ред. от 30.12.2001).

Таким образом, разработка проведения экологического картографирования трассы газопровода может быть проведена с применением системного подхода к экологическим проблемам при эксплуатации магистральных газопроводов. Интегральная оценка фактического воздействия магистральных трубопроводов на окружающую среду несомненно необходима и имеет практическую значимость. Для данного вида оценки требуется организация системы экологического мониторинга, что обеспечит экологическое сопровождение технологических процессов при эксплуатации сети газопроводов.

Результаты исследования по этому направлению могут служить нормативной базой при проектировании, строительстве и дальнейшей эксплуатации сети магистральных газопроводов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ананенков А. Г., Ставкин Г. П., Овчинников И. П. Элементы системного подхода к проблемам окружающей среды на Ямбургском ГКМ // Экология газовой промышленности. Приложение к журналу «Газовая промышленность». 1999. № 2. С. 57—58.
2. Грива Г. И., Кононов В. И. Обеспечение экологической стабильности объектов ОАО «Газпром» в Западной Сибири // Газовая промышленность. 2000. № 5. С. 56—60.
1. Ananenkov A. G., Stavkin G. P., Ovchinnikov I. P. Elementy sistemnogo podkhoda k problemam okruzhayushchey sredy na Yamburgskom GKM // Ekologiya gazovoy promyshlennosti. Pri-lozhenie k zhurnalu «Gazovaya promyshlennost'». 1999. № 2. S. 57—58.
2. Griva G. I., Kononov V. I. Obespechenie ekologicheskoy stabil'nosti ob'ektov ОАО «Gazprom» v Zapadnoy Sibiri // Gazovaya promyshlennost'. 2000. № 5. S. 56—60.

© Жатикова М. С., 2013

Поступила в редакцию
в июне 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Жатикова М. С. Экологическое картографирование трассы магистрального газопровода при комплексной оценке воздействия объекта сети газопровода на окружающую среду // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 194—197.

УДК 726.5.03

Д. С. Масленникова

**ПРИМОРСКАЯ ЛАВРА: ПРИНЦИПЫ КОМПОЗИЦИИ И ПЛАНИРОВКИ
НА ВСЕХ ЭТАПАХ ФОРМИРОВАНИЯ МОНАСТЫРЯ (КОНЕЦ XIX — НАЧАЛО XX ВВ.)**

Исследование процесса формирования архитектурных закономерностей проведено на примере крупнейшей обители восточной окраины Российского государства — Свято-Троицкого Николаевского Шмаковского иноческого царства. Определены хронологические границы эволюционных этапов строительства монастыря; выявлено влияние природно-климатических условий и социально-экономического фактора динамичной дифференциации монашеской деятельности на преобразование традиционной планировочной и объемно-пространственной композиции монастырского ансамбля в рациональную линейно-регулярную структуру; выдвинута гипотеза о символическом содержании необычного контурного размещения храмов в ключевых точках рельефа на границе монастырских владений.

К л ю ч е в ы е с л о в а: сложный рельеф, функционально-типологический спектр, монастырские стены, контурная композиция храмового ядра, византийский стиль, лавра, концентричная схема, линейно-регулярная планировка.

The research of formation process of architectural regularities is conducted on the example of the largest monastery of east suburbs of the Russian Federation — the Svyato-Troitsk Nikolaevsk Shmakovsk Ionic domain. The chronological frameworks of evolutionary stages of the monastery construction are defined; the influence of climatic conditions and social and economic factor of dynamic differentiation of monastic activity for the transformation of traditional planning and space composition of monastic ensemble into rational linear and regular structure is revealed; the hypothesis of the symbolical content of an unusual contour arrangement of the temples in key points of the relief on the border of monastic possession is suggested.

K e y w o r d s: difficult relief, functional and typological range, monastic walls, contour arrangement of the temple kernel, the Byzantine style, monastery, concentric scheme, linear and regular planning.

Традиционные принципы формообразования монастырей, учрежденных в регионе Забайкалья и Дальнего Востока Российского государства в период с XVII по XIX вв. — Якутского, Селенгинского и Посольского — противостояли непринужденной свободе планировки и композиции более поздних монастырских ансамблей Приморья, Приамурья, Камчатки и Сахалина. Наиболее решительное преобразование каноничных приемов и становление новых региональных принципов организации внутреннего пространства архитектурных монастырских ансамблей произошло при строительстве крупнейшей обители на восточной окраине России — Свято-Троицкого Шмаковского иноческого царства.

Первый этап — деревянное строительство — длился всего три года (1893—1896 гг.) с момента официального учреждения монастыря в 1893 г. [1]. Указом Святейшего Синода игуменом Свято-Троицкой обители, первой в Приморье, был назначен о. Алексей, прибывший в Россию из Греции и ранее служивший в русском Свято-Пантелеймоновском монастыре на Афоне [2, 3, 4]. В результате долгих поисков земли под строительство монастыря (поначалу рассматривался берег Петропавловского озера в Приамурье) о. Алексей остановил свой выбор на живописной местности в Уссурийской тайге [5, 6, 7, 8]. Участок с довольно сложным низкогорным рельефом и рекой Драгункой располагался недалеко от железнодорожной станции Шмаковской, название которой, как и название тайги, отразилось в топонимике будущего архитектурного ансамбля [9].

Формирование элементарного функционально-типологического спектра обители началось со строительства необходимых сооружений у подножия цепи горных хребтов, полукругом охватывающих монашеское поселение и защищавших его от резких холодных ветров в зимнее время. Игумен о. Алексей максимально использовал возможности природного ландшафта для создания комфортного микроклимата во внутренней среде будущего знаменитого иноческого царства; кроме того, он мечтал в скором времени воздвигнуть на вершине Преображенской горы, возвышавшейся над монастырским участком, величественный каменный собор в византийском стиле, подобный храмам святогорских обителей [10]. Но в первую очередь монастырская братия, силами которой выполнялись почти все работы в монастыре, приступила к сооружению объектов хозяйственно-бытового назначения (жилых изб, кухни с трапезной, конюшни, амбаров, сараев, погребов и ледников) по идентичной конструктивно-типологической схеме — небольшие одноэтажные срубы на свайных основаниях перекрывали двускатной крышей и обмазывали глиной в противопожарных целях [11]. В конце 1895 г. геометрический центр земельного участка обители обрел композиционно-смысловой акцент в виде двухэтажного дома, в котором расположились кельи первых иноков и домовая церковь во имя Николая Чудотворца, давшая второе название монастырю [12].

Архитектурное чутье настоятеля проявилось в разумном, всестороннем и комплексном учете особенностей местных условий при решении функциональных задач обеспечения кратчайшей и удобной пешеходной связи между отдельными компонентами во внутренней среде монастыря; при трассировке связей между отдаленными объектами монастырского хозяйства; в умелой организации элементов благоустройства территории (ливневых стоков и пр.). Так, например, желание сохранить духовную связь с Афоном проявилось не только в богослужбной и архитектурно-художественной сфере, но и на уровне ландшафтного оформления иноческого царства — на южном склоне Преображенской горы были посажены сосны и кедры, выращенные из привезенных с Афона семян. У о. Алексея не было профессионального технического образования, он не имел опыта создания на новом месте монастырских ансамблей, но тем не менее он достойно справился со стоявшей перед ним грандиозной градостроительной задачей — закладкой архитектурного комплекса на неосвоенной, труднодоступной территории, отдаленной от крупных населенных пунктов.

Основное пятно монастырской застройки при первом игумене получило традиционную концентричную структуру. Домовый храм, хоть и совмещался с общественно-жилыми помещениями и в силу этого не отличался по своим архитектурно-художественным свойствам от остальных первоначальных построек, занимал все же центральную позицию во внутреннем пространстве обители, доказывая своим расположением стремление воплотить в строящейся обители один из основных принципов планировки и композиции монастырских ансамблей, сложившихся в древнерусском зодчестве, принцип выделения храма как основного ядра монастырской застройки. Таким образом, на самом раннем этапе существования Шмаковской обители закладывалась концентричная схема организации внутреннего монастырского пространства. Затем на последующих этапах развития Свято-Троицкого Николаевского Шмаковского монастыря довлеющее значение оказал региональный фактор,

под влиянием которого произошла корректировка идеальной схемы и наметилась тенденция к свободному, независимому от канонических принципов расположению построек.

Второй этап формирования монастыря (1896—1903 гг.) начался, когда о. Алексей отбыл на Афон и игуменом монастыря в 1896 г. назначили о. Сергия [13, 14]. Дальнейшее структурирование внутренней объемно-пространственной среды монастыря осуществлялось по принципу компромисса между традиционной схемой и своеобразием природной ситуации. По мере строительства Уссурийского монастыря накапливались отступления от изначально принятой канонической идеальной модели, вызванные стремлением связать архитектурный монастырский ансамбль со сложным природным ландшафтом (рис. 1).

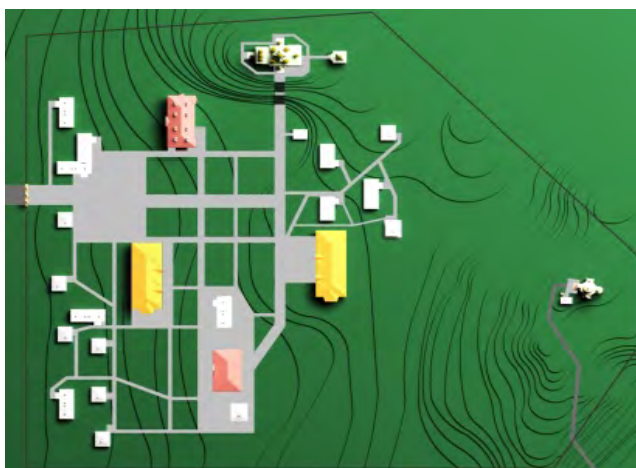


Рис. 1. Генеральный план основного ядра общественно-жилой, хозяйственно-бытовой и сакральной застройки Уссурийского монастыря. Реконструкция автора

Так, архитектурным центром обители на втором этапе стала группа новых монастырских зданий, возведенных за небольшой период: трапезная; школа для крестьянских детей и приют для учеников, находящихся на монастырском иждивении; две гостиницы для паломников; дом настоятеля; жилые корпуса для монахов и послушников [15]. Растущие разнообразные здания в монастыре складывались в фронтальную застройку, подчиненную границе перепада рельефа. Вторую линию застройки продолжили многочисленные мастерские. Ключевым объектом, замыкающим эти два протяженных ряда зданий, стала Иннокентьевская церковь (осв. в 1899 г.), выстроенная в неорусском стиле и явившаяся, по дерзкому предположению автора, прообразом практически одновременно сооруженной Свято-Николаевской церкви в Харбине (осв. в 1902 г.). Так или иначе, но оба вышеупомянутые храма имеют сходную объемно-пространственную композицию центрального объема и своеобразную трехшатровую звонницу. Иннокентьевская церковь, выполнявшая функции главного монастырского собора на втором этапе, до строительства Преображенского собора заняла не символически-традиционное место прежней снесенной домово́й Никольской церкви, а вершину холма на границе монастырских владений — позицию более выгодную в отношении панорамного восприятия. Как справедливо отмечают исследователи древнерусской архитектуры,

если в обители строили новый собор, он, как правило, занимал место старого [16]. Однако в Шмаковской обители композиционное лидерство главного монастырского храма не было выдержано. Корпуса зданий образовывали подобие пространственных пропилок, в фокусе которых открывался вид на монастырский храм. Деревянная Иннокентьевская церковь, стоящая на возвышенности, прекрасно обозревалась даже с самых дальних точек благодаря своему удачному расположению. Когда в 1902 г. на уступе горы рядом с Иннокентьевским храмом выстроили еще Казанскую часовню, а вершину самой высокой Преображенской горы стали разравнивать, чтобы увенчать ее одноименным собором, наметившаяся тенденция решительного смещения храмов с каноничного центрального места на фланкирующие замыкающие позиции окончательно закрепились, обусловив появление нового регионального варианта размещения храмового ядра по контурному типу (рис. 2).

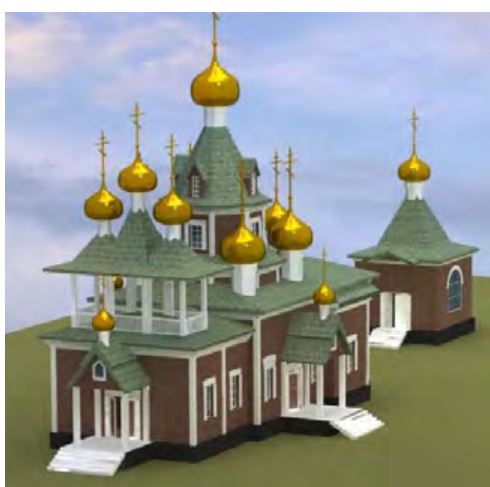


Рис. 2. Иннокентьевская церковь Уссурийского монастыря. Реконструкция автора

Рационализм стал основным принципом пространственной организации Шмаковского монастыря, и преобладающее значение практического смысла над образно-ассоциативным при функциональном зонировании территории обители подтверждает расположение монастырского кладбища далеко за пределами основной монастырской застройки. В русских обителях кладбище традиционно устраивалось внутри монастырской ограды, символизируя сущность монашеского образа жизни: «монашествующий мертв для жизни, и келья его — могила» [16].

Социально-экономические и природно-климатические факторы явились главной причиной трансформации традиционных принципов (доминирования собора в композиции и планировке монастыря; компактной структуры застройки, в которой архитектурные составляющие распределены по замкнутым иерархичным зонам) и обусловили преобразование первоначальной концентричной схемы в линейно-регулярную, применявшуюся впоследствии и в других региональных монастырях. Процесс образования новых региональных закономерностей организации внутреннего пространства происходил в скитах Приморской Шмаковской обители на Камчатке и Сахалине, в Читинском, Благовещенском, Феодоровском, Рождество-Уссурийском монастырях.

Закреплению и дальнейшему динамичному развитию линейно-регулярной планировки в Шмаковской обители способствовал социальный фактор: вместе с новым настоятелем в число братии вступили уволившиеся в запас из армии и флота бывшие мастеровые [17], и благодаря им в монастыре произошла закладка мощной экономической платформы — развитой инфраструктуры производственной сферы деятельности (рис. 3).



Рис. 3. Ситуационная схема главных функциональных зон Николаевского Уссурийского монастыря: 1 — общественно-жилая и хозяйственно-бытовая застройка; 2 — Иннокентьевская церковь; 3 — Преображенский собор; 4 — территория кладбища; 5 — пасека и свечной завод; 6 — лесодобывающий и лесоперерабатывающий комплексы; 7 — скотные дворы и маслоперерабатывающий завод; 8 — карьер и кирпичный завод. Реконструкция автора

Интенсивная дифференциация производственной сферы в монастыре происходила по принципу разделения на промышленную и сельскохозяйственную зоны, расположенные в значительном отдалении от основного ядра монастырской застройки — в «подмонастырье».

Сельскохозяйственная сфера монастыря разделилась на следующие отрасли: животноводство, рыболовство, пчеловодство, растениеводство, что повлекло за собой строительство соответствующих сооружений [18]. Первая производственная зона «подмонастырья» — рыболовецкая — сформировалась на берегу реки Драгунки и состояла из пристаней, складов, цеха по переработке рыбы, копильни, холодильников, устроенных в толще скалистых береговых откосов. Вторая — животноводческая — включала в себя, помимо пастбищ, оленьей фермы, скотных дворов с домами для послушников, даже маслоперерабатывающий завод. Третья — растениеводческая — развивалась на основе многочисленных садов и огородов, разбитых по всей свободной монастырской территории.

Промышленная сфера разрасталась и укреплялась не менее значительно. В первой производственной зоне был разработан карьер и выстроен кирпичный завод; вторая — свечное производство — включала в себя пасеки с редчайшими медоносами, жилые здания для послушников и собственно свечной завод (функционально-типологическая структура его состояла из четырех объектов: здания, где выделявали восковые свечи; хранилища свеч и воска; помещения для изготовления сырья и жилого здания с кухней и кельями для братии, трудящейся на заводе); третья — лесоперерабатывающая отрасль — представлена была мощными лесопилками и столярными цехами с современным оборудованием [18].

Особенное значение имело создание мануфактурного книгопечатного комплекса, благодаря которому в монастыре развернулась широкая издательская деятельность. Собственная фотолаборатория и типография с переплетной мастерской — исключительно редкий пример наличия подобных типологических компонентов в функциональном спектре монастырских сооружений в начале XX в. не только в исследуемом регионе, но и во всей России.

По мере интенсивного развития социальной сферы дифференцировалась функциональная составляющая монастырского феномена и, соответственно, одновременно расширялся типологический спектр архитектурных составляющих иноческого царства. Как следствие, усложнялась архитектурно-планировочная схема и объемно-пространственная композиция внутренней среды обитали. Вместе с тем структурировались архитектурные объекты не в рамках традиционной иерархии — по концентричным зонам, образуя каре корпусов или компактно расположенные группы зданий, связанных переходами, а линейно-регулярными фронтами, подчиненными перепадам сложного рельефа. Так, несмотря на то что некоторые сельскохозяйственные сооружения и заводы были отнесены в «подмонастырье», остальные объекты монастырского производства внедрялись непосредственно во внутреннюю среду архитектурного ансамбля и наряду с общественно-жилыми корпусами формировали основное регулярное пространственное ядро обитали.

Застройка, свободно распределенная по террасированным склонам горных вершин, в «чаше амфитеатра» представляла собой протяженные ряды относительно небольших одно- и двухэтажных однотипных зданий. При этом конструктивное однообразие — общность архитектурно-планировочных схем, объемно-пространственных композиций и внешнего облика зданий, обусловленное экономическими факторами, стало приоритетным направлением развития типологии не только Свято-Троицкого монастыря, но и всех исследуемых региональных монастырей. Идентичность монастырских построек нарушали лишь сакральные объекты, выразительный внешний архитектурно-художественный облик которых воспринимался еще контрастнее на фоне остальных однообразных общественно-жилых и хозяйственно-бытовых построек.

Итак, на протяжении второго этапа строительства Свято-Троицкого Шмаковского иноческого царства за краткий отрезок времени, буквально шесть лет, сформировались многочисленные функциональные сферы с широчайшим типологическим спектром архитектурных составляющих, присущих каждому направлению. Дифференциация разнообразных функций монастырской деятельности способствовала выходу на новый уровень организации внутреннего пространства архитектурного ансамбля, когда традиционная иерархическая система распределения различных типологических объектов по иерархическим

уровням в зависимости от смыслового содержания становится неудобной и уступает место более рациональной структуре застройки. Первоначальная концентричность пространственной структуры окончательно преобразовалась в линейно-регулярную планировку, представляющую собой ступенчато распределенные протяженные фронты в обрамлении храмов на границе участка. Рационализм проявился не только на уровне организации пространственной структуры, он обусловил и практически полную архитектурно-конструктивную идентичность монастырских зданий (за исключением сакральных объектов). Все эти изменения, являющиеся отступлением от канона, не вписывались в традиции древнерусского монастырского зодчества, но, тем не менее, стали закономерными для регионального строительства обителей.

Третий этап существования Свято-Троицкого иноческого царства (1903—1916 гг.) характеризуется принципиальными изменениями архитектурно-художественного облика иноческого царства: каменное строительство приходит на смену деревянному; появляется собор в византийском стиле (рис. 4).

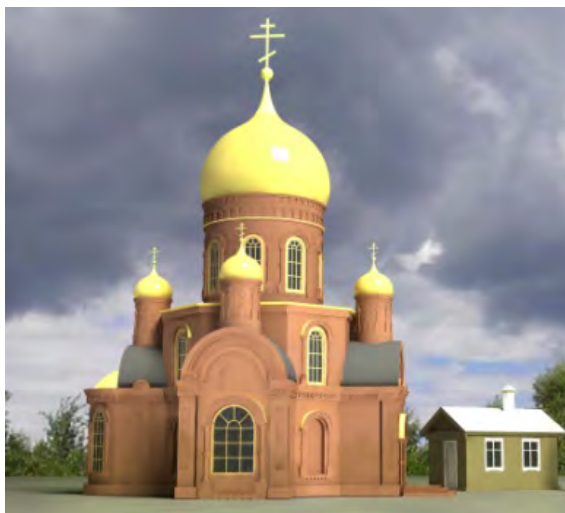


Рис. 4. Спасо-Преображенский собор Уссурийского монастыря. Реконструкция автора

Вопрос о сооружении третьей составляющей храмового ядра обители остро встал в начале третьего этапа, когда высокий уровень благосостояния и мощная экономическая платформа сделали обитель широко известной далеко за пределами Приморья — пустыни процветающего монастыря обустроивались даже на Камчатке и Сахалине, паломники прибывали со всего Дальнего Востока, из Забайкалья и Якутии, так что деревянная Иннокентьевская церковь уже не вмещала всех паломников [17]. Наступило время для воплощения мечты первого игумена обители, еще во время первого посещения этой местности определившего место для Преображенского собора и предугадавшего тонкое равновесие вертикальных акцентов храмов, живописно подчеркнутых природным ландшафтом, и основной массы монастырской застройки. Эффектное пространственное звучание собора усиливалось игрой светотени на объемной пластике фасадов и насыщенной полихромией изящной декоративной отделки

центрального купола и боковых глав. Последние располагались не диагонально, как это принято в храмах с подобной композицией центричного объема «четырёхконха», а по рукам пространственного креста, что встречается крайне редко в храмах византийского стиля [19]. Преображенский собор, поставленный на самой высокой отметке рельефа, на значительном расстоянии от Иннокентьевской церкви и от основной массы монастырской застройки, хорошо видный издали, безусловно, стал доминирующим композиционным стержнем, объединяющим элементом всего архитектурного ансамбля (рис. 5).



Рис. 5. Панорама архитектурного ансамбля Уссурийского монастыря со стороны святых врат. Реконструкция автора

В условиях сложной природной ситуации такой прием расположения главной составляющей идейно-духовного ядра, не вписывающийся в рамки канона, позволил придать исключительную значительность и монументальность сравнительно небольшому храму и обойтись как без сложного многоглавого завершения, так и без высокой колокольни, пристроенной в качестве самостоятельного архитектурного объема — обязательного элемента древнерусских и средневековых монастырей [16]. Колокольный звон собора и Иннокентьевской церкви распространялся свободно на достаточно большие расстояния. Монастырские храмы, к которым вели широкие торжественные лестницы, сами служили пространственными ориентирами (рис. 6).



Рис. 6. Панорама архитектурного ансамбля Уссурийского монастыря со стороны речной пристани. Реконструкция автора

Живописно-свободно раскинувшиеся на вершинах гор, окружающих обитель, они композиционно «держали» внутреннее пространство грандиозного архитектурного комплекса, фиксировали границы иноческого царства, не позволяя ему распадаться на независимые, разрозненные части и формировали выразительный силуэт ансамбля.

Итак, контурная композиция храмового ядра, сложившаяся в Шмаковской обители с появлением собора, отличала Приморский монастырь от всех остальных ранее учрежденных обителей Забайкалья и Якутии с треугольной композицией сакрального центра. Окончательное закрепление пограничных позиций храмов в монастырях Дальнего Востока (скиты Шмаковского монастыря на Сахалине и Камчатке, Феодоровский монастырь под Хабаровском, Успенский монастырь на Русском острове, женские обители в Чите и в с. Линевици), развивающихся одновременно с Приморской обителью, позволяет сделать вывод о становлении региональной закономерности размещения храмов, имеющей веское символическое обоснование, а оно еще с древности следовало именно за формой, за объектом или явлением [20]. Монастырские храмы, расположенные по периметру земельных владений, вероятно, символизировали пограничные форпосты на пути расширения сфер влияния Русской православной церкви в регионе Тихоокеанского побережья Российской империи.

Одновременно с завершением строительства собора в Николаевской Уссурийской обители происходило дальнейшее развитие сферы монастырской деятельности и укрепление экономического благосостояния [21]. Функционально-типологическая структура заполнила все пространство обширных монастырских владений [22—24]. За два десятилетия своего существования (1893—1916 гг.) Свято-Троицкая Николаевская обитель достигла высочайшего уровня развития монастырского комплекса — уровня лавры, тогда как лавра Святого Афанасия — крупнейший православный монастырь на Афоне, Троице-Сергиева лавра, Киево-Печерская проделали этот путь за столетия. Значение Шмаковской обители в регионе Тихоокеанского побережья было подобно значению Троице-Сергиевой лавры для центральных областей Российской державы.

Парадоксально, но на тот момент процветающий монастырь не имел ограды [18]. Братия успела выстроить лишь массивные святые ворота, от которых далее предполагалось возводить монастырские стены (рис. 7, 8).

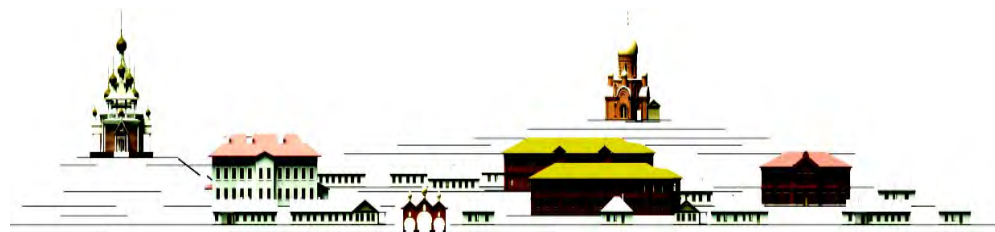


Рис. 7. Развертка архитектурного ансамбля Уссурийского монастыря по оси «север — юг». Реконструкция автора

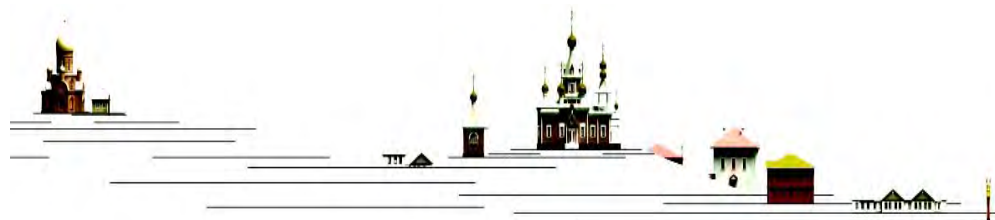


Рис. 8. Развертка архитектурного ансамбля Уссурийского монастыря по оси «запад — восток». Реконструкция автора

Парадный вход Шмаковского монастыря представлял собой трехпролетную арку с шипцовым завершением и тремя луковичными главками — очевидно полное сходство с ранее выстроенными парадными святыми воротами Посольского Спасо-Преображенского монастыря в Забайкалье. В древнерусских монастырях земельные владения обносили оградой сразу же после их возникновения, в Уссурийской же обители ограду не строили. Как указывалось в описании монастыря, причиной стало отсутствие денежных средств на возведение монументальной каменной стены [22], так как необходима была не деревянная — экономичная, легко и быстро возводимая конструкция, а надежная монолитная огнеупорная защита, способная уберечь обитель от частых лесных пожаров и степных палов, характерных для региона. Отсутствие привычной белокаменной массивной стены производило неприятное ощущение отсутствия чего-то очень важного и необходимого; обитель проигрывала в отношении зрительного восприятия и данный недостаток отмечен в воспоминаниях современников [18]. Тот факт, что братия даже не тратила силы на возведение хотя бы невысокого деревянного тына, свидетельствует об окончательной утрате основной функции монастырских стен — стратегической, а также о преобладании рационализма над стремлением выразить символическую сущность ограждения внутреннего пространства иноческого царства, ассоциативно уподобляемого Небесному Граду [20], что еще раз доказывает приоритетную позицию практических целевых установок иноков.

Но, к сожалению, отнюдь не лесные пожары привели к гибели процветающего иноческого царства. Строительство святых врат оказалось завершающим действием в формировании крупнейшего монастырского архитектурного ансамбля на окраинных землях Российского государства. В 1916 г. Свято-Троицкое иноческое царство сочли достойным статуса лавры, но получить это высокое звание монастырю не удалось ввиду известных политических событий, как не удалось в целом продолжить свое существование в наступившую атеистическую эпоху. В настоящее время монастырь активно восстанавливается, и уникальные особенности, региональные закономерности организации его внутреннего пространства, несомненно, станут основой дальнейшего строительства в обители.

Выводы

Таким образом, основные принципы пространственной организации Шмаковской обители, ставшие устойчивыми при формировании региональных монастырей в исследуемый период, заключаются в следующем: концентричность иерархических зон застройки как закономерная при формировании древнерусских монастырей перестает быть обязательной в динамичном развитии внутренней структуры. Стремительные процессы функционально-типологической дифференциации монашеской сферы деятельности способствовали закреплению линейно-регулярной схемы, основывающейся на преобладающем значении практического смысла составляющих объектов. Рационализм как основной принцип структурирования внутренней среды Шмаковской обители, выделяющий ее из ряда других древнерусских и средневековых монастырей и присущий в равной степени всем остальным дальневосточным ансамблям, проявился на всех уровнях монастырского феномена: в правильной геометрии архитектурно-планировочной схемы; конструктивном единообразии зданий при удивительно широком функционально-типологическом спектре; отсутствии

обязательных с точки зрения символического значения элементов — ограждающих стен, утративших свое приоритетное практическое назначение; новаторском размещении храмов, их относительно небольших размерах и весьма лаконичном декоре.

В Уссурийском монастыре сформировался региональный тип контурной композиции сакрального ядра, позволяющей подчеркнуть символический смысл храмов и главенствующее значение собора не каноничным центральным расположением, довлеющим количеством глав и более развитым завершением по сравнению с другими храмами, как это принято в древнерусском монастырском зодчестве, а постановкой их в ключевых точках сложного рельефа — на самых высоких отметках рельефа, в значительном отдалении от основного места локализации монастырских зданий.

Стилевой диапазон монастырских храмов Уссурийской обители был представлен синтезом древневизантийских традиций и регионального варианта деревянного народного зодчества, причем внешний образ Спасо-Преображенского собора является достаточно редкой интерпретацией приемов святогорских схем построения объемно-пространственной композиции. Целое приведено к определенной упорядоченности, складывающейся в сложный многоплановый силуэт, архитектурно-художественная выразительность которого достигается сочетанием горизонталей общественно-жилой и хозяйственно-бытовой застройки с композиционными акцентами сакральных объектов.

Отсутствие пенитенциарных помещений отличало Свято-Троицкую Шмаковскую (а также приморские и приамурские монастыри, созданные в период рубежа XIX—XX вв.), от ранее возникших монастырей региона — Якутского Спасского, Свято-Троицкого Селенгинского и Посольского на Байкале.

Уникальной особенностью Приморской обители являются исключительно сжатые сроки формирования, за которые она прошла все этапы эволюции монастырского ансамбля — от скита до лавры. И хотя по своим архитектурно-художественным качествам Шмаковский ансамбль уступал святогорской лавре Святого Афанасия и отечественным древним лаврам — Троице-Сергиевой, Киево-Печерской, Почаевской, Александра Невского — по масштабу хозяйственно-экономической производственной деятельности приморский монастырь превосходил вышеупомянутые знаменитые духовные центры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Указ Святейшего Правительствующего Синода от 14 июля 1893 г. // РГИА. Ф. 796. Оп. 174. Д. 1209. Л. 26—26 (об.).
2. Указ Святейшего Правительствующего Синода от 18 мая 1894 г. // РГИА. Ф. 796. Оп. 174. Д. 1209. Л. 39.
3. Указ Его Величества Государя Императора Николая Александровича от 29 ноября 1894 г. // РГИА. Ф. 796. Оп. 174. Д. 1209. Л. 148.
4. Указ Святейшего Правительствующего Синода от 03 августа 1894 г. // РГИА. Ф. 796. Оп. 175. Д. 1942. Л. 4.
5. Докладная записка иеромонаха Алексия (Осколкова) господину Обер-Прокурору Святейшего Правительствующего Синода Его Высокопревосходительству К. П. Победоносцеву от 28 июня 1893 г. // РГИА. Ф. 796. Оп. 174. Д. 1209. Л. 7.
6. Прошение иеромонаха Алексия (Осколкова) господину Обер-Прокурору Святейшего Правительствующего Синода Его Высокопревосходительству К. П. Победоносцеву от 11 мая 1894 г. // РГИА. Ф. 796. Оп. 174. Д. 1209. Л. 56.

7. Прощение настоятеля и строителя вновь устрояемого общежительного монастыря во имя Святой Троицы и Святителя Николая в Приамурском крае игумена Алексия (Осколкова) в Святейший Правительствующий Синод от 15 ноября 1894 г. // РГИА. Ф. 796. Оп. 174. Д. 1209. Л. 99.

8. Чертеж-план местности, составленный о. Алексием (Осколковым) после посещения Петропавловского озера от 10 октября 1893 г. // РГИА. Ф. 796. Оп. 174. Д. 1209. Л. 142 (об.).

9. Проект границ участка близ станции Шмаковки к делу отвода его монастырю Свято-Троицкому Николаевскому в Южно-Уссурийском крае от 14 августа 1895 г. // РГИА. Ф. 387. Оп. 7. Д. 39846. Л. 37.

10. Прощение иеросхимонаха Алексия (Осколкова) в Министерство Финансов на имя Его Высокопревосходительства Владимира Николаевича о помощи в строительстве нового храма // РГИА. Ф. 799. Оп. 26. Д. 1166. Л. 1—2 (об.).

11. Планы, фасады гостиницы, трапезной и дома архиерея. Сост. игумен Алексей (Осколков) // РГИА. Ф. 796. Оп. 174. Д. 1209. Л. 162 (об.).

12. План, фасады, разрез храма для обители. Сост. игумен Алексей (Осколков) // РГИА. Ф. 796. Оп. 174. Д. 1209. Л. 162.

13. Телеграмма (прошение об увольнении) игумена Алексия (Осколкова) Его Превосходительству С. М. Духовскому от 02 августа 1895 г. // РГИА. Ф. 796. Оп. 174. Д. 1209. Л. 169.

14. Указ Святейшего Правительствующего Синода от 17 августа 1896 г. // РГИА. Ф. 796. Оп. 174. Д. 1209. Л. 251—252.

15. *Мизь Н. Г.* Свято-Троицкий Николаевский Шмаковский монастырь // Записки Общества изучения Амурского края. Владивосток, 1996. Т. 29. С. 73—89.

16. *Бусева-Давыдова И. Л.* Монастырские комплексы // Русское градостроительное искусство. Древнерусское градостроительство X—XV вв. / под общей ред. Н. Ф. Гуляницкого. М. : Стройиздат, 1993. С. 291—310.

17. Религия и власть на Дальнем Востоке России // Сборник документов Государственного архива Хабаровского края / сост. Е. Б. Бакшеева. Хабаровск : Частная коллекция, 2001. 400 с.

18. Далекая обитель на краю Руси // Сборник исторических документов / под ред. Н. Г. Мизь. Владивосток, 2008. 206 с.

19. *Савельев Ю. Р.* Византийский стиль в архитектуре России: вторая половина XIX — начала XX века. СПб. : Лики России Проект 2003, 2005. 272 с.

20. *Иконников А. В.* Тысяча лет русской архитектуры. М. : Искусство, 1990. 384 с.

21. Поселенный бланк от 1910 г. Свод документов об экономической, финансовой и хозяйственной жизни обители // РГИА ДВ. Ф. 702. Оп. 5. Д. 123. Л. 1.

22. Перечень зданий и помещений обители на 1910 г. // РГИА ДВ. Ф. 702. Оп. 5. Д. 742. Л. 11—11 (об.). Л. 12—12 (об.).

23. Техника полеводства и способы обработки и уборки хлебов. 1910 г. // РГИА ДВ. Ф. 702. Оп. 5. Д. 123. Л. 24 (об.).

24. Плата месячным, сроковым и годовым рабочим в 1910 г. // РГИА ДВ. Ф. 702. Оп. 5. Д. 123. Л. 25 (об.).

1. Ukaz Svyateyshego Pravitel'stvuyushchego Sinoda ot 14 iyulya 1893 g. // RGIA. F. 796. Op. 174. D. 1209. L. 26—26 (ob.).

2. Ukaz Svyateyshego Pravitel'stvuyushchego Sinoda ot 18 maya 1894 g. // RGIA. F. 796. Op. 174. D. 1209. L. 39.

3. Ukaz Ego Velichestva Gosudarya Imperatora Nikolaya Aleksandrovicha ot 29 noyabrya 1894 g. // RGIA. F. 796. Op. 174. D. 1209. L. 148.

4. Ukaz Svyateyshego Pravitel'stvuyushchego Sinoda ot 03 avgusta 1894 g. // RGIA. F. 796. Op. 175. D. 1942. L. 4.

5. Dokladnaya zapiska ieromonakha Aleksiya (Oskolkova) gospodinu Ober-Prokuroru Svyateyshego Pravitel'stvuyushchego Sinoda Ego Vysokoprevoskhoditel'stvu K. P. Pobedonostsevu ot 28 iyunya 1893 g. // RGIA. F. 796. Op. 174. D. 1209. L. 7.

6. Proshenie ieromonakha Aleksiya (Oskolkova) gospodinu Ober-Prokuroru Svyateyshego Pravitel'stvuyushchego Sinoda Ego Vysokoprevoskhoditel'stvu K. P. Pobedonostsevu ot 11 maya 1894 g. // RGIA. F. 796. Op. 174. D. 1209. L. 56.

7. Proshenie nastoyatelya i stroitelya vnov' ustroyaemogo obshchezhitel'nogo monastyrya vo imya Svyatoy Troitsy i Svyatitelya Nikolaya v Priamurskom krae igumena Aleksiya (Oskolkova) v Svyateyshey Pravitel'stvuyushchiy Sinod ot 15 noyabrya 1894 g. // RGIA. F. 796. Op. 174. D. 1209. L. 99.

8. Chertezh-plan mestnosti, sostavlennoy o. Aleksiem (Oskolkovym) posle poseshcheniya Petropavlovskogo ozera ot 10 oktyabrya 1893 g. // RGIA. F. 796. Op. 174. D. 1209. L. 142 (ob.).
9. Proekt granits uchastka bliz stantsii Shmakovki k delu otvoda ego monastyryu Svyato-Troitskomu Nikolaevskomu v Yuzhno-Ussuriyskom krae ot 14 avgusta 1895 g. // RGIA. F. 387. Op. 7. D. 39846. L. 37.
10. Proshenie ieroskhimonakha Aleksiya (Oskolkova) v Ministerstvo Finansov na imya Ego Vysokoprevoskhoditel'stva Vladimira Nikolaevicha o pomoshchi v stroitel'stve novogo khrama // RGIA. F. 799. Op. 26. D. 1166. L. 1—2 (ob.).
11. Plany, fasady gostinitsy, trapeznoy i doma arkhiereya. Sost. igumen Aleksey (Oskolkov) // RGIA. F. 796. Op. 174. D. 1209. L. 162 (ob.).
12. Plan, fasady, razrez khrama dlya obiteli. Sost. igumen Aleksey (Oskolkov) // RGIA. F. 796. Op. 174. D. 1209. L. 162.
13. Telegramma (proshenie ob uvol'nenii) igumena Aleksiya (Oskolkova) Ego Prevoskhoditel'stvu S. M. Dukhovskomu ot 02 avgusta 1895 g. // RGIA. F. 796. Op. 174. D. 1209. L. 169.
14. Ukaz Svyateyshego Pravitel'stvuyushchego Sinoda ot 17 avgusta 1896 g. // RGIA. F. 796. Op. 174. D. 1209. L. 251—252.
15. Miz' N. G. Svyato-Troitskiy Nikolaevskiy Shmakovskiy monastyr' // Zapiski Obshchestva izucheniya Amurskogo kraya. Vladivostok, 1996. T. 29. S. 73—89.
16. Buseva-Davydova I. L. Monastyrskie komplekсы // Russkoe gradostroitel'noe iskusstvo. Drevnerusskoe gradostroitel'stvo X—XV vv. / pod obshchey red. N. F. Gulyanitskogo. M. : Stroyizdat, 1993. S. 291—310.
17. Religiya i vlast' na Dal'nem Vostoke Rossii // Sbornik dokumentov Gosudarstvennogo arkhiva Khabarovskogo kraya / sost. E. B. Baksheeva. Khabarovsk : Chastnaya kolleksiya, 2001. 400 s.
18. Dalekaya obitel' na krayu Rusi // Sbornik istoricheskikh dokumentov / pod red. N. G. Miz'. Vladivostok, 2008. 206 s.
19. Savel'ev Yu. R. Vizantiyskiy stil' v arkhitekture Rossii: vtoraya polovina XIX — nachala XX veka. SPb. : Liki Rossii Proekt 2003, 2005. 272 s.
20. Ikonnikov A. V. Tysyacha let russkoy arkhitektury. M. : Iskusstvo, 1990. 384 s.
21. Poselenny blank ot 1910 g. Svod dokumentov ob ekonomicheskoy, finansovoy i khozyaystvennoy zhizni obiteli // RGIA DV. F. 702. Op. 5. D. 123. L. 1.
22. Perechen' zdaniy i pomeshcheniy obiteli na 1910 g. // RGIA DV. F. 702. Op. 5. D. 742. L. 11—11 (ob.). L. 12—12 (ob.).
23. Tekhnika polevodstva i sposoby obrabotki i uborki khlebov. 1910 g. // RGIA DV. F. 702. Op. 5. D. 123. L. 24 (ob.).
24. Plata mesyachnym, srokovym i godovym rabochim v 1910 g. // RGIA DV. F. 702. Op. 5. D. 123. L. 25 (ob.).

© Масленникова Д. С., 2013

Поступила в редакцию
в июне 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Масленникова Д. С. Приморская лавра: принципы композиции и планировки на всех этапах формирования монастыря (конец XIX — начало XX вв.) // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 198—210.

УДК 72.03:711.1 (470.620)

О. С. Субботин

УКРЕПЛЕНИЯ И ФОРТЫ В СТАНОВЛЕНИИ ГОРОДОВ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Рассматриваются укрепления и форты Черноморского побережья в контексте начального периода освоения территорий Кубани как форпоста южных границ Российского государства. Анализируется архитектурно-планировочное формирование и взаимосвязанное развитие оборонительных укреплений и населенных мест. Значительное внимание уделено архитектурно-градостроительному наследию Черноморского побережья.

К л ю ч е в ы е с л о в а: укрепление, форт, крепость, наследие, Черноморское побережье, береговая линия, город.

Defences and forts of the Black Sea coast in the frame of the initial stage of the development of the territories of Kuban as an outpost on the southern borders of Russia are considered. The architectural and planning development and the interconnected development of defences and settlements is analyzed. The special attention is paid to the architectural town-planning heritage of the Black Sea coast.

Key words: defences, fort, fortress, heritage, Black Sea coast, coastline, city.

Черноморское побережье Российской Федерации представляет собой узкую прибрежную полосу в Краснодарском крае, протянувшуюся между Черным морем и хребтами Большого Кавказа. Указанная полоса, протяженностью около 400 км с учетом изрезанности береговой линии, почти полностью находится в субтропической зоне. При этом 145 км входит в состав Большого Сочи, где морское побережье, напоминающее пляжи Средиземноморья, соседствует с заснеженными горными вершинами курорта Красная Поляна, высота которых превышает 2000 м над уровнем моря. Российская территория Черноморского побережья Кавказа расположена в крайней северной части субтропического пояса и погода здесь единственная в своем роде: самые северные в мире субтропики, соседствующие с вечными льдами. Уникальны также и две полосы черноморского побережья России — Анапа — Туапсе и Туапсе — Сочи. Если первая — субтропическая зона, то вторая — единственная в России и самая северная в мире область влажных субтропиков.

Историко-этнографическое прошлое Черноморского побережья Кавказа способствует углубленному изучению многих вопросов как рассматриваемого периода, так и последующих десятилетий. Особенно важно это в архитектурно-градостроительной деятельности, так как при перестройке старых районов и освоении новых территорий бесследно исчезают памятники историко-культурного наследия.

По условиям заключенного в 1774 г. Кучук-Кайнарджийского мирного договора Турция была вынуждена признать Черное море свободным для плавания русских судов и к России отошли крепости Керчь и Еникале.

Чтобы сохранить свои позиции на Западном Кавказе, Турция с помощью французских военных инженеров возводит в 1781 г. в районе современной Анапы сильную крепость, оснащенную по последнему слову военной техники. Опираясь на новую крепость, получившую название Анап-кале, турецкое

правительство поставило задачу сплотить всех западнокавказских горцев и направить их на борьбу с Россией. Крепость Анап-кале приобрела решающее значение после заключения между Россией и Турцией мирного договора 1783 г., по которому река Кубань была признана границей между владениями России и Турции, а вдоль нее была организована Кавказская кордонная линия и расселены курени Черноморского (бывшего Запорожского) казачьего войска. Одновременно Анап-кале служила самым крупным на Западном Кавказе торговым центром, через который адыгейские князья и дворяне сбывали свой «живой товар», добывавшийся в беспрестанных межплеменных войнах и грабительских набегах, и взамен получали от турецких купцов предметы роскоши, оружие, порох, ткани и другие необходимые товары [1].

В 1783 г. Анапа представляла собой довольно внушительное оборонительное сооружение. Крепость состояла из семи бастионов, соединенных высоким земляным валом, а саму цитадель окружал четырехкилометровый ров шириной до 16 м и глубиной до 8 м (рис. 1).

В 1828 г. крепость была взята русскими войсками, и вскоре по Андрианопольскому мирному договору (в 1829 г.) Анапа отошла к России.

По указу императора Николая I все укрепления крепости были уничтожены, лишь ее восточные ворота, сохранившиеся до наших дней оставлены в память о доблести русских войск (рис. 2) [2].



Рис. 1. План крепости Анапа, 1828 г.

Рис. 2. Русские ворота

Выдающийся кубанский общественный деятель, историк, археолог Е. Д. Фелицын в статье «Геройская защита Михайловского укрепления и беспримерный подвиг рядового Архипа Осипова 22 марта 1840 г.», опираясь на исторические документы, детально описал дислокацию укреплений и фортов вдоль Черноморского берега: «Посетив в конце 1837 г. Кавказ, император Николай I признал нужным, для прочного занятия восточного берега Черного моря, обратить большую часть сил Кавказского корпуса и построить от Анапы до Гагр ряд укреплений и фортов в тех прибрежных пунктах, которые служили удобным пристанищем для иностранных судов и местом их торговли с горцами.

С этой целью в 1837 г. возведены укрепления: Святого Духа при реке Мдымте, Михайловское — ныне деревня Архипо-Осиповка — при реке Вулан и Новотроицкое при реке Пшаде; в 1838 г. Навагинское при реке Сочи,

форт Вельяминовский при реке Туапсе, Тенгинское укрепление при реке Шапсухо, Кабардинское при реке Дооб и Новороссийск при устье реки Цемеса; в 1839 г. форт Головинский при реке Шахе и форт Лазарев при реке Псе-зуапсе. Вдоль берегов Абхазии устроены укрепления: Гагры, Пицунда, Сухум-Кале, Редут-Кале, Бамборы, Поты и пост Святого Николая. Все эти укрепления образовали собой Черноморскую береговую линию, начальником которой был назначен генерал Раевский. Линия эта разделена на 3 отделения: 1) от устья Кубани до укрепления Кабардинского; 2) от укрепления Геленджик до форта Головинского; 3) от укрепления Головинского до поста Святого Николая» [3] (рис. 3).

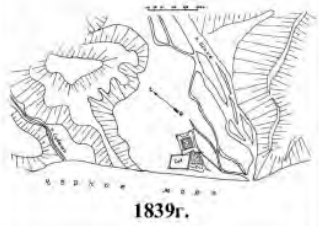
№ п.п.	Название укрепления, форта	Схематический план	Дата основания	
1	Укрепление Святого Духа		7 июля 1837г.	
2	Форт Навагинский	 1838г.	 1843г.	13 апреля 1838г.
3	Форт Головинский	 1839г.	 1841г.	3 мая 1839г.
4	Форт Вельяминовский			12 мая 1838г.

Рис. 3. Схематические планы укреплений Черноморского побережья Кавказа (от р. Псоу до р. Туапсе)

Так в ходе Кавказской войны в 30-е годы XIX в. была создана Черноморская береговая линия, состоявшая из береговых укреплений, предназначенных для охраны побережья (рис. 4).



Рис. 4. Русские укрепления на Черноморском побережье

Весной 1838 г. в устье р. Сочи и убыхского аула Соатше было заложено военное укрепление Александрия (первое русское поселение на месте современного Сочи). Название Александрия получено в честь жены Николая I Александры Федоровны (рис. 5). В начале 1839 г. укрепление переименовывается в Навагинское в честь Навагинского полка. Также на территории Сочи русскими войсками были построены укрепления (форты): Святого Духа (Адлер), форт Лазарева (Лазаревское), Головинский (Головинка) и др. Остатки крепостных стен фортов сохранились и являются памятниками истории и архитектуры [4].



Рис. 5. План форта Александрия

Тогда главной целью устройства Черноморской береговой линии были не наступательные военные действия, а создание и укрепление торговых и иных связей с местным населением. Россия предпринимает меры для расширения торгового судоходства, в частности снижаются тарифы на перевозки морских грузов в Азово-Черноморском бассейне, все крымские порты освобождены от уплаты налогов.

При этом большинство укреплений представляли собой не только инженерные сооружения для укрытия и наиболее эффективного применения оружия и боевой техники, размещения пунктов управления, но и примеры компактной планировочной структуры. Классифицируя укрепления и форты Черноморского побережья по очертаниям, а также направлениям развития по отношению к водной глади следует отметить их планировочное структурирование. Преобладающими видами зонирования здесь являлись: функциональное, строительное и композиционное. В этом случае, градостроительная композиция рассматривается в двух аспектах — как композиция плана и как пространственная, визуально воспринимаемая композиция территории укреплений, фортов, открытых пространств. При этом на формирование планировочной структуры значительное влияние оказывала природно-ландшафтная характеристика выбранной территории, степень соподчиненности и пространственные различия между отдельными составляющими частями, различными по функциональному назначению.

Так, примером градостроительного искусства фортификационных сооружений Черноморского побережья служит укрепление Святого Духа, которое начали строить 18 июня 1837 г. Впоследствии указанное укрепление было переименовано в честь Великого князя Константина (рис. 6).

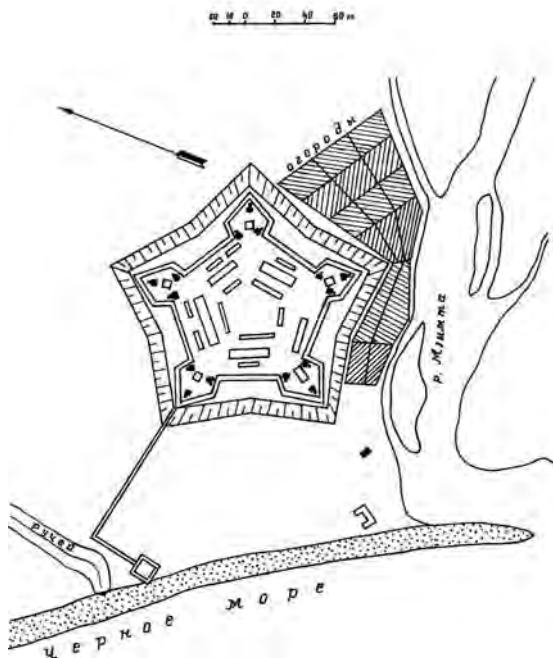


Рис. 6. Укрепление Святого Духа, 1841 г.

Укрепление было возведено непосредственно на правом берегу реки Мзымты, в ста с лишним метрах от берега моря и имело в плане форму правильного пентагона с пятью выдающимися бастионами. Диаметр крепостного двора достигал 100 м, бастионы выступали до 25 м; на каждом бастионе были установлены три крепостных орудия. Орудийным картечным обстрелом поражалось все окружающее крепость пространство.

Укрепление Святого Духа было практически неприступным. Лесные заросли вокруг него были вырублены, поэтому горцы не имели возможности подобраться к нему незаметно. В ночное время специально натренированные сторожевые собаки, привезенные из Гагринского укрепления, также не позволяли приблизиться противнику к крепости незамеченным. На берегу моря, напротив крепости у временного причала был возведен блокауз для хранения лодок и обеспечения безопасной доставки грузов с кораблей.

Укрепление Святого Духа было одним из сильнейших на Черноморском побережье Кавказа, и несмотря на неоднократные его штурмы убыхами и джигетами, не было ими захвачено. В конце Кавказской войны в укреплении находились артиллерийские склады русских войск. В современном Адлере на территории бывшего укрепления в зеленом сквере установлен памятник с бронзовым барельефом А. А. Бестужева-Марлинского [1].

Вместе с тем укрепления и форты оказали существенное влияние на становление городов Черноморского побережья. В 1842 г. вышел «Атлас побережья Черного и Азовского морей», составленный генерал-майором Е. П. Манганари, открыто постоянное пароходное сообщение между Одессой и Константинополем. В то же время процесс освоения Черноморского побережья был сложным и трудным.

Только с начала девяностых годов XIX в. открылась для побережья новая эра, период прочного развития и приобщения его к благам цивилизации и культуры. С той поры и правительство обратило серьезное внимание на Черноморское побережье Кавказа и приняло ряд в высшей степени важных мер для его оживления, заселения русскими людьми и водворения в нем высших культур.

Побережье выделено было из состава Кубанской области, к которой оно прежде принадлежало, но с которой не имело ничего общего. Была образована самостоятельная Черноморская губерния, с расширением ее южной границы, включением в нее Гагринской станции. По высочайшему повелению учреждено было особое совещание для обсуждения мер для развития побережья Кавказа, первым председателем которого был приснопамятный в новейшей истории побережья деятель гофмейстер Н. С. Абаза и вторым — А. С. Ермолов. Выработаны были новые законы для водворения в крае русских поселенцев, образованы так называемые культурные и дачные участки, которые стали раздаваться, хотя и на льготных условиях, но с обязательством их застройки и закультивирования в определенный срок. Положено было основание двум новым городским поселениям — Хосте и Романовску [5].

Города и поселения Черноморского побережья характеризовались тесной связью экономической и социальной структур. Немаловажную роль в становлении городов Черноморского побережья играл этнический состав населения, который начал складываться со второй половины XVIII в. Особенно интенсивно процесс формирования указанного населения протекал во второй поло-

вине XIX в., получив новый толчок в 70—90-е гг. XX в. Сегодня на территории Черноморского побережья России проживают свыше ста народов, различных по языку, хозяйственно-культурному типу, быту, традициям, вероисповеданию. Следовательно, актуальность изучения исторического развития первых поселений данного региона оправдана необходимостью выявить те условия, которые повлияли на эффективность интенсивного экономического развития городов Черноморского побережья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ворошилов В. И.* История убыхов (Очерки по истории и этнографии Большого Сочи с древнейших времен до середины XIX века). Майкоп : ОАО «Полиграф-Юг», 2008. 372 с.
2. *Субботин О. С.* Историческое развитие города-курорта Анапа на территории античного города Горгиппия // Жилищное строительство. 2012. № 3. С. 35—37.
3. Михайловское укрепление (из истории Кавказской войны). Майкоп : ОАО «Полиграф-ЮГ», 2010. 40 с.
4. *Субботин О. С.* Архитектурно-планировочное наследие г. Сочи // Жилищное строительство. 2012. № 5. С. 48—51.
5. Черноморское побережье Кавказа / сост. В. П. Доброхотов ; под ред. Н. И. Воробьева. Краснодар : Традиция, 2009. 524 с.
1. *Voroshilov V. I.* Istoriya ubykhov (Ocherki po istorii i etnografii Bol'shogo Sochi s drevneyshikh vremen do serediny XIX veka). Maykop : ОАО «Poligraf-Yug», 2008. 372 s.
2. *Subbotin O. S.* Istoricheskoe razvitie goroda-kurorta Anapa na territorii antichnogo goroda Gorgippiya // Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2012. № 3. S. 35—37.
3. *Mikhaylovskoe ukreplenie (iz istorii Kavkazskoy voyny).* Maykop : ОАО «Poligraf-YuG», 2010. 40 s.
4. *Subbotin O. S.* Arkhitekturno-planirovochnoe nasledie g. Sochi // Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2012. № 5. S. 48—51.
5. *Chernomorskoe poberezh'e Kavkaza / sost. V. P. Dobrokhотов ; pod red. N. I. Vorob'eva.* Krasnodar : Traditsiya, 2009. 524 s.

© Субботин О. С., 2013

Поступила в редакцию
в мае 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Субботин О. С. Укрепления и форты в становлении городов Черноморского побережья // Вестник Волгogr. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 211—217.

УДК 72.03:711.1 (470.620+470.621)

О. С. Субботин

ЛАНДШАФТНО-ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КУБАНИ В КОНТЕКСТЕ СТАНОВЛЕНИЯ ГОРОДОВ И ПОСЕЛЕНИЙ

В рамках ландшафтно-топографических особенностей Кубани анализируется общее и особенное в становлении и формировании городов и поселений. Значительное внимание уделено географическому положению рассматриваемого региона, памятникам архитектурно-градостроительного наследия. Представлено значение культурных влияний и специфики национального уклада на формирование населенных мест Кубани.

Ключевые слова: поселения, территория, формирование, Кубань, Адыгея, наследие, памятники, культура, город.

Within landscape and topographical peculiarities of Kuban the general and special features of the city and settlement development are analyzed. The special attention is paid to the geographical location of the region discussed, monuments of architectural and town-planning heritage. The meaning of cultural influences and specificity of national way of settlement development in Kuban is presented.

Key words: settlements, territory, development, Kuban, Adygea, heritage, monuments, culture, city.

Кубань — удивительный регион Российской Федерации, где близко соседствуют пейзажи разнообразных климатических зон со своим богатством растительного и животного мира. Это и бескрайняя степная равнина с плодородными черноземами, и близкая к полупустыне засушливая и суглинистая земля Тамани, вспученная грязевыми вулканами, и камышовые плавни Приазовья с бесчисленными лиманами и протоками, и горные массивы с альпийской тундрой и нетающими ледниками на вершинах, и влажные субтропики, где произрастают пальмы и цитрусовые.

И неслучайно эти особенности региона с незапамятных времен привлекали к себе человека. Кубань (республика Адыгея и Краснодарский край), являющаяся неотъемлемой частью Черноморско-Каспийского перешейка, была зоной интенсивного взаимодействия коренных и пришлых этнических групп на протяжении многих веков. Собственно здесь сама природа раскрывает свои богатства и красоты [1].

Вместе с тем, рассматривая ландшафтно-топографические особенности Кубани, необходимо иметь четкое представление о географическом положении указанных субъектов Российской Федерации — Краснодарском крае и республике Адыгея.

Краснодарский край расположен на юге Европейской части России. Крайней северной точкой является хутор Молчановка Щербинского района, крайняя южная точка — село Веселое Адлерского района города Сочи, на западе крайняя точка — мыс Тузла Таманского полуострова, на востоке — хутор Зеленчук-Мостовой Отрадненского района. Наибольшая протяженность края в меридиональном направлении 410 км, в широтном — 375 км. Протяженность внешних границ — 1540 км, из них на морские приходится 740 км, на сухопутные — 800 км. Внутренняя граница с республикой Адыгея

составляет около 1000 км. Географическое положение края уникально тем, что его территория имеет сход сразу к двум теплым морям: Черному и Азовскому. Из-за удачного местоположения и благоприятного климата края плотность населения здесь в несколько раз превышает среднюю по РФ [2].

В состав Краснодарского края входят 38 районов, 26 городов (из них 15 краевого и 11 районного подчинения), 21 поселок городского типа, 389 сельских административных округов, объединяющих 1717 сельских населенных пунктов (рис. 1).



Рис. 1. Карта Краснодарского края

Республика Адыгея расположена в центральной части Северо-Западного Кавказа в бассейнах рек Кубани, Лабы и Белой. На севере и северо-востоке ограничена рекой Кубанью и ее притоком Лабой, при этом на севере соседствует с городом Краснодаром, Усть-Лабинским, Курганинским, Динским, Красноармейским районами Краснодарского края; на юге ограничена Главным Кавказским хребтом и примыкает к Адлерскому, Лазаревскому, Хостинскому районам г. Сочи, а на юго-востоке и юго-западе граница проходит изломанной линией, отражающей особенности расселения адыгов в бассейнах рек Чехрака, Фарса, Белой, Пшиша, Псекупса, Афипса и др. На востоке соседними районами республики Адыгея являются Курганинский, Лабинский и Мостовской районы Краснодарского края, а на западе — Северский, Белореченский и Апшеронский районы Краснодарского края и территория, подчиненная администрации города Горячий Ключ. Длина границ составляет более 900 км, при этом одна треть приходится на водные: по рекам Кубани, Лаббе, Белой, Краснодарскому водохранилищу. Крайние точки Адыгеи: северная — поселок Набережный (Красногвардейский район), южная — г. Ассара (Майкопский район), западная — юго-западнее аула Панахес (Тахтамукайский район), восточная — юго-восточнее аула Ходзь, на левом берегу Лабы (Кошехабльский район) (рис. 2).

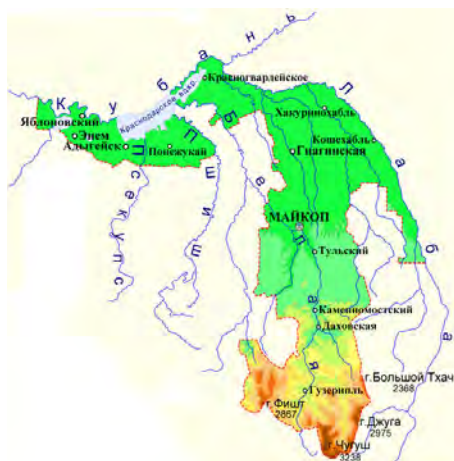


Рис. 2. Карта республики Адыгея

В состав республики входят семь административных районов: Гиагинский (ст. Гиагинская), Кошехабльский (аул Кошехабль), Красногвардейский (с. Красногвардейское), Майкопский (поселок городского типа Тульский), Тахтамукайский (аул Тахтамукай), Теучежский (г. Адыгейск), Шовгеновский (аул Хакуринохабль). В настоящее время в составе республики два города республиканского подчинения, пять поселков городского типа, 55 сельсоветов.

Границы Кубани охватывают разные по своим характеристикам географические зоны. На севере края раскинулась Кубано-Приазовская равнина, на юге предгорья переходят в горы Кавказа, обрываясь к Черному морю. Западную оконечность представляет Таманский полуостров, который невозможно однозначно отнести ни к горной, ни к равнинной местности (рис. 3).



Рис. 3. Карта Таманского полуострова

Таманский полуостров представляет собой сочетание ровных, платообразных участков с грядами и холмами-сопками, достигающими 164 м над уровнем земли. Сопки молодые, округлой или эллипсовидной формы — это антиклиналы, сложенные морскими отложениями палеогена, в чьих понижениях встречаются еще более молодые морские отложения. Большинство сопкок в недавнее время извергали, а некоторые продолжают извергать и сейчас холодную грязь (сопочную брекчию) сложного химического состава. Встречаются выходы нефти и метана (горючего газа).

Кубанская равнина не является однородной в своих различных частях. В ее состав входят: Кубано-Приазовская низменность, Приазовская дельтовая низменность, Прикубанская наклонная равнина.

Разнообразие рельефа и климатических условий определило разный характер и режим рек, среди которых необходимо выделить главную реку — Кубань, название которой менялось много раз. Река Кубань, берущая начало в ледниках самой высокой вершины Кавказа — Эльбруса (5642 м), разделяет кубанскую землю с востока на запад на правобережную Кубань (Прикубанье) и левобережную Кубань (Закубанье). В верховьях Кубань представляет собой типичную горную реку, стремительно текущую в узкой долине, с крутыми и отвесными склонами. При этом следует отметить ее своенравный характер. Наиболее ярко это отмечено в научном труде XIX в., посвященном изучению Кавказа: «Приближаясь к морю, она делится на два рукава, из которых один, под именем Протока, течет на север и впадает в Азовское море, а другой — в лиман Кизильташ на Черном море. Горный характер верховьев Кубани и ее важнейших притоков дает себя чувствовать при разливах весьма ощутимо. Вода быстро поднимается в берегах, сносит все, что попадает ей на пути и, переполнив Кубань в ее нижнем течении, разливается на десятки верст, загромаждая мусором, корчагами и деревьями болотистые прибрежья. Бывают в горах случаи, когда после сильного дождя вода стеною идет на протяжении десятков верст; вырвавшись в равнины и попав в Кубань, она разъединяет Прикубанскую и Закубанскую стороны и приносит неисчислимые бедствия населению. Теряются броды; рушатся мосты; гибнут люди и животные; уносятся сено, дрова, деревья; часто затопляются целые аулы и станицы, так что жителям приходится ездить из двора во двор на лодках и выдерживать это осадное положение в течение нескольких дней. После разлития воды образуются громадные болота, не пересыхающие иногда целое лето. Через эти болота пролегают закубанские дороги, и оттого путей сообщения в Закубанском Крае почти не существует. Все усилия жителей и начальства проложить здесь дороги ни к чему не привели: вода легко размыв, затопляла все, что создавалось с большими усилиями» [3].

Это происходит от того, что изначально поселения Кубани возникали вдоль берегов морей и рек. Люди намеренно селились в долинах, расположенных на пути наводнений, поскольку земли здесь были плодородными, что во многом определяло уклад местных народов. Для борьбы с водной стихией требовались согласованные усилия людей, поэтому на указанных территориях раньше, чем в других районах, возникали города. Успешно развивалось местное народное жилище, имевшее свои видовые различия, учитывающие особые природные и климатические условия территории. Содействовало этому и использование реки в качестве пути для сообщения и транспорта.

Северо-Западный Кавказ и Прикубанье — места древнейшего на территории России обитания человека. Первые люди на Кубани появились около 700—500 тыс. лет назад. Что это были за люди, осваивавшие эти благодатные земли, сейчас трудно сказать, здесь существует много вопросов, ответы на них пока не найдены. Однако открытые на территории края стоянки древних людей позволяют проследить практически все археологические эпохи. На месте стоянок первобытного человека археологи нашли тысячи изделий из камня и костей различных животных. Стоянки древнекаменного

века, обнаруженные по Черноморскому побережью и северному склону Кавказского хребта, оставили нам многочисленные таинственные дольмены. Из стоянок этого периода известна наиболее древняя на реке Уруп, среди более поздних находок всемирно известные Ильские стоянки (Северский район) (рис. 4), где были найдены следы самого древнего на Кубани искусственного жилища. Стоянок среднекаменного века (12—7 тыс. лет до н. э.) известно немного, но они свидетельствуют, что на протяжении многих тысяч лет человек здесь жил непрерывно, осваивал природные богатства, совершенствовал орудия труда, вступал в контакты с соседями [4].



Рис. 4. Место Ильской стоянки на левом берегу р. Иль

Примечательны и природно-климатические особенности республики Адыгея, способствующие формированию и развитию населенных мест. При этом даже на топографической карте территория республики напоминает форму большого гриба с причудливо смятой шляпкой, сидящей на толстой ножке, посередине которой течет река Белая. Территория республики Адыгея расположена на живописнейших северных склонах Кавказского хребта, спускающихся к плодородной Кубанской равнине. Это овеянные легендами исторические места, где проходил в Средние века знаменитый Шелковый путь из Европы в Азию.

История подтверждает тот факт, что адыги являются коренными жителями Северо-Западного Кавказа. Письменные известия о предках адыгов имеются у древнегреческих писателей, начиная с V—VI вв. до н. э. В те далекие времена на территории Адыгеи проживали меоты — предки адыгов, именно они заселяли не только побережье Черного моря, но и нижнюю и среднюю Кубань, Закубанье вплоть до северных отрогов Кавказских гор. В то же время процесс формирования адыгейского народа был усложнен многочисленными этническими смешениями и внешними культурными влияниями.

Одним из первых примеров влияния природных факторов на формирование и развитие городов на территории Кубани является крупнейшая древнегреческая колония Фанагория, которая наряду с Пантикапеем была одной из двух столиц эллинистического Боспорского царства (рис. 5).



Рис. 5. Древний город Фанагория

Фанагория располагалась на берегу Керченского пролива, на Таманском полуострове в 25 км к северу-востоку от Гермонассы. К началу нашей эры Фанагория стала наиболее значительным городом царства как в политическом, так и в экономическом аспекте.

В начале X в. Фанагория была заброшена жителями из-за 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 городе существовала очень ранняя христианская община, которая появилась еще до того как христианство проникло далее, на территорию будущей Руси. В настоящее время на этом месте нет ни одного современного здания, что позволяет осуществлять любые научные и прочие проекты на этой территории [5].

В дальнейшем немаловажную роль в становлении поселений Кубани сыграл Кючук-Кайнарджийский мирный договор, заключенный в 1774 г., по которому к России отошли Азов, крепость Кинбурн и Керчь с крепостью. Правобережье Кубани в то время представляло собой слабозаселенные непроходимые лесные места и камышовые заросли, которые отрезали друг от друга пикеты и кордоны, облегчая разбойные нападения на пограничную охрану.

Жалованной грамотой от 30 июня 1792 г. Екатерина II, «желая воздать заслугам войска Черноморского», отдала ему «в вечное владение состоящий в области Таврический остров Фанагорию со всей землею, лежащего по правой стороне реки Кубань, от устья ее к Усть-Лабинскому редуту, с другой же — Азовское море до Ейского городка служили границей войсковой земли».

Кубань интересна тем, что здесь соединяются следы европейских и азиатских культур, а по географической широте она стоит примерно посередине между Северным полюсом и экватором. Благоприятные природно-климатические условия Кубани стали исключительно привлекательными для формирования планировочной структуры малых и средних городов.

Малые и средние города России — это важнейшие страницы истории нашего государства. В большей степени в них сохранились памятники историко-архитектурного наследия, составляющие духовную и культурную

ценность для настоящего и будущего поколений. Истина гласит: «Без знания прошлого не будет и настоящего». В памятниках материализовано состояние духовной культуры народа-созидателя и овеществлен его труд, что позволяет давать в дополнение к культурно-исторической экономическую оценку. Вместе с тем одной из трудных и часто неразрешимых архитектурно-планировочных проблем современного градостроительства является совмещенная композиционная гармонизация элементов прошлого, настоящего и будущего при формировании художественного облика города [6].

Ландшафтно-топографические особенности территории Кубани сыграли существенную роль в возникновении первых городов и поселений. При этом большая часть сельских населенных мест не являются уменьшенной моделью города, а остаются поселениями, где, в отличие от города, искусственная среда подчинена естественной природе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Субботин О. С. Архитектурно-градостроительное развитие исторических населенных мест Юга России : монография. М. : АСВ, 2012. 232 с.
2. Моя Кубань. Природа, история, хозяйство, города Краснодарского края. Ростов н/Д : БАРО-ПРЕСС, 2010. 208 с.
3. Живописная Россия. Отечество наше в его земельном, историческом, племенном, экономическом и бытовом значении. Кавказ. Том IX / под общ. ред. П. П. Семенова. М. : Надыршин, 2008. 408 с.
4. Кубань: от невероятного — к очевидному / Сост. Е. А. Тончу. М. : Издательский дом ТОНЧУ, 2010. 256 с.
5. Субботин О. С. Формирование архитектурно-планировочной структуры первых поселений Юга России // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 28(47). С. 270—276.
6. Субботин О. С. Памятники архитектурного наследия г. Тобольска // Жилищное строительство. 2011. № 10. С. 48—50.
1. Subbotin O. S. Arkhitekturno-gradostroitel'noe razvitie istoricheskikh naselennykh mest Yuga Rossii : monografiya. M. : ASV, 2012. 232 s.
2. Moya Kuban'. Priroda, istoriya, khozyaystvo, goroda Krasnodarskogo kraya. Rostov n/D : BARO-PRESS, 2010. 208 s.
3. Zhivopisnaya Rossiya. Otechestvo nashe v ego zemel'nom, istoricheskom, plemennom, ekonomicheskom i bytovom znachenii. Kavkaz. Tom IX / pod obshch. red. P. P. Semenova. M. : Nadyrshin, 2008. 408 s.
4. Kuban': ot neveroyatnogo — k ochevidnomu / Sost. E. A. Tonchu. M. : Izdatel'skiy dom TONChU, 2010. 256 s.
5. Subbotin O. S. Formirovanie arkhitekturno-planirovochnoy struktury pervykh poseleniy Yuga Rossii // Vestnik Volgogr. gos. arkhит.-stroit. un-ta. Ser.: Str-vo i arkhит. 2012. Vyp. 28(47). S. 270—276.
6. Subbotin O. S. Pamyatniki arkhitekturnogo naslediya g. Tobol'ska // Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2011. № 10. S. 48—50.

© Субботин О. С., 2013

*Поступила в редакцию
в мае 2013 г.*

Ссылка для цитирования:

Субботин О. С. Ландшафтно-топографические особенности Кубани в контексте становления городов и поселений // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 218—224.

УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

УДК 711.4

Д. Г. Донцов

НАУЧНАЯ ДИЛЕММА АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ — РЕГУЛИРОВАНИЕ»: СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПРОРЫВ ИЛИ БЮРОКРАТИЧЕСКИЙ ТУПИК В РАЗВИТИИ РЕГИОНОВ

Объясняется сложившаяся в последние десятилетия суть противоречий в основных положениях теории градостроительства, градостроительного права и градостроительной практики, артикулированная как научная дилемма «проектирование — регулирование». Дана оценка проявлений указанных противоречий в градостроительной практике развития территории Волгоградской области. Формулируются современные научные направления, на которых необходимо сосредоточить усилия научного сообщества.

К л ю ч е в ы е с л о в а: научная дилемма, проектно-управленческие решения градостроительной документации, пространственное развитие территории, регулирование архитектурно-планировочной организации градостроительных систем, среда жизнедеятельности.

The nature of contradictions in basic principles of the town-planning theory, the town-planning right and practice, articulated as a scientific dilemma “design — regulation”, that has developed in the last decades is explained. The assessment of the development of the mentioned above contradictions in town-planning practice of the territory development in Volgograd Oblast is given. Modern scientific directions, which the efforts of the scientific community should be concentrated on, are formulated.

К e y w o r d s: scientific dilemma, design and administrative solutions of town-planning documentation, space development of the territory, regulation of the architectural and planning arrangement of town-planning systems, activity environment.

Изменения последних десятилетий привели к резкому ослаблению, а нередко и к полному исключению государственного управления развитием городов и поселений. Переход России к новой экономике требует постоянного совершенствования правовой базы градостроительства. Начало ее созданию положено. Это — Градостроительный кодекс и ряд федеральных законов и правовых документов, посвященных отдельным профессиональным вопросам. Однако децентрализация управления экономикой с прекращением бюджетного финансирования долгосрочных программ градостроительного развития территорий привела к фактическому разрушению государственной системы управления развитием городов и поселений, резкому снижению градостроительной дисциплины, ликвидации многих коллективов специалистов, решавших градостроительные задачи.

На этом организационно-правовом поле проводятся небывалая в истории страны комплексная гуманизация и эстетизация городов, опирающиеся на традиции русского градостроения, соединяющего историческое наследие и новаторство, усиление внимания к охране, реставрации и реновации исторической среды как средства сохранения своеобразия исторически сложившихся российских городов и их культурного наследия, являющегося основой духовного, культурного и художественного воспитания нации. Потребуется пересмотр как фундаментальных принципов градостроительства, так и методов проектирования зданий, строений и сооружений, перехода от политики выживания к возрождению городов и поселений, повышению качества жизни, улучшению здоровья людей, консолидации нации, обретению социальной стабильности, утверждению новых духовных ценностей.

Формирование полноценной среды жизнедеятельности и обеспечение прав человека на нее — главная задача общества и власти. Однако экологические характеристики многих городов и поселений очень тревожны, а существующая практика градостроительства не принимает во внимание проблемы окружающей среды. Улично-дорожная сеть в большинстве городов оказалась неспособной вместить потоки резко возросшего автомобильного транспорта. Существующий жилой фонд подошел к опасной черте по своему физическому и моральному износу. Значительная часть населения и вовсе не обеспечена надлежащим, отвечающим современным требованиям жильем. Инвестиционная привлекательность городов еще очень низка. Строительство жилых зданий ведется зачастую по проектам, не учитывающим в полной мере региональные особенности места, требования энергосбережения и снижения эксплуатационных затрат, сопоставимости долговечности и экологической чистоты применяемых материалов и конструкций. В градостроительной политике сохраняется принцип экстенсивного развития городов и поселений, имеет место отход от положений генеральных планов, касающихся сохранения и развития системы зеленых насаждений.

В этот ответственный момент для архитектурно-градостроительной деятельности в работах теоретиков и практиков архитектуры и градостроительства наблюдается брожение умов, отражающееся в положениях о территориальном планировании документов градостроительной деятельности. И, как следствие этого, градостроительные документы настолько разнообразны по содержанию, что неподготовленный человек, оценив их типы и виды, поневоле окажется в тупике: деньги (и немалые) потрачены — документация подготовлена, а что с ней делать далее?

В недалеком прошлом вся градостроительная документация имела гриф «секретно», хранилась в архивах уполномоченных органов, а доступ к ней имел лишь ограниченный круг лиц. Хотя для всех специалистов, занимающихся муниципальным и государственным управлением, эта документация имела очень важное значение. Сегодня новая градостроительная документация становится реально доступной и необходимой для инвесторов, населения. Все более возрастающий интерес к современной градостроительной документации вызван трансформациями социально-экономического устройства общества. Без этой документации большая армия специалистов инвестиционно-строительной деятельности не может эффективно или без проблем с населением, публичной властью и третьими лицами спланировать свою работу, значительно уменьшить

риски ведения экономической и хозяйственной деятельности. Таким образом, к градостроительной документации в условиях новой экономики постоянно с периодичностью 8—10 лет предъявляются новые современные требования со стороны ее пользователей. Правовые основы постоянно обновляющихся требований в общем виде сформулированы в Конституции РФ, Федеральном законодательстве о земле, жилище и недвижимом имуществе (а не строительной отрасли), ряде обращений Президента РФ, Постановлениях Правительства РФ, иных государственных документах и в целом понимаются как переход от государственного управления к правовому регулированию имущественных отношений.

Однако подавляющее большинство дипломированных специалистов, задействованных в смежных с архитектурно-градостроительной сферах деятельности, имеют огромный опыт работы в русле «социалистического градостроительства», способны разрабатывать, как правило, проектные решения, решая при этом преимущественно проектные задачи. Эти специалисты получали образование и накапливали опыт в прошлом веке, что привело к инерции профессионального мышления, переросшей в движение молчаливого сопротивления вновь сформулированным руководством страны требованиям к градостроительной документации и, более того, их активному неприятию. Возникшие конфликты профессиональных интересов в градостроительной деятельности, таким образом, породили научную дилемму в основах теории градостроительства.

Научная дилемма состоит в необходимости выбора, противостояний и сочетаемости главных приоритетов в содержании и характеристиках выводных положений и информационных материалов градостроительной документации — проектные решения градостроительных систем и планировочных структур территорий или правовые режимы использования объектов недвижимости в рамках заданного функционального назначения и регулирования использования территории. Иными словами, дилемма выражается формулой «проектирование — регулирование» (что впереди: телега или лошадь?). Пришла пора хотя бы коротко сформулировать основные положения ее архитектурно-градостроительной теории, в которых кроются разрешения конфликтов.

Доминанту проектных решений определяло содержание проектного алгоритма градостроительной деятельности. Государственные требования такого рода к градостроительству представлялись в XX веке. Градостроительная документация, в соответствии с законодательством того времени, носила проектный статус, ее утверждение означало утверждение проектных решений для последующей реализации. С реализацией все было просто и ясно — на это уходили исключительно бюджетные средства. Спрашивать мнение населения, заинтересованных лиц из числа профессионалов инвестиционно-строительного профиля не было нужды и законами не оговаривалось. Качество проектных решений оценивали специалисты из числа особо приближенных к публичной власти, объединенных в так называемые Градостроительные советы, которые самостоятельно утверждали проектные решения вместо выяснения мнения населения по этому поводу.

Для обеспечения реализации проектного алгоритма градостроительства основы теории градостроительства заполнялись положениями и принципами проектирования градостроительных систем и архитектурно-планировочной

организации территории. Государственные органы технического надзора, государственного планирования и ведущие НИИ утверждали строительные (планировочные) нормы и правила, экономические показатели проектирования и строительства — отрасль строительства содержалась за счет бюджетов, земля и основные объекты недвижимости были в собственности государства.

Описанная архитектура градостроительной политики того периода позволяла экономически эффективно по минимальным социальным (санитарным) стандартам решать стратегические государственные задачи. Так, на разных временных отрезках XX века в градостроительной документации содержались проектные решения архитектурно-планировочной организации промышленных узлов, сельскохозяйственной планировки, планировки населенных мест, комплексной территориальной организации, развития территории. Проектных решений могло быть бесконечно много. Они противоречили и взаимоисключали друг друга, а чаще всего просто устаревали, отставая от жизни и постоянно требуя новых средств на разработку новых проектных решений на ту же тему. Расставленные в таком виде приоритеты (требования и задачи) давали один главный эффект — планово-экономический. Развивались отрасли народного хозяйства в соответствии с установленными Госпланом экономическими нормативами. Второстепенный эффект — социальный. Инфраструктура, в основном инженерная, транспортная, для социального обслуживания населения, и обеспечивала места приложения места труда.

На сегодняшний день в отечественной градостроительной практике вырабатываются современные методы и способы государственного регулирования архитектурно-градостроительной деятельности в пилотных, экспериментальных проектах и документах. Они прошли апробацию в правилах землепользования и застройки, зональных градостроительных регламентах территорий Новгорода, Пскова, Хабаровска, Казани, Самары. Имеется уникальный опыт управления градостроительной деятельностью в Москве и Санкт-Петербурге. По-особенному складывается градостроительная деятельность в городах, в которых сформированы и действуют современные градостроительные информационные системы, таких как Ростов, Краснодар, Пермь, Казань, Таганрог, Курск, Уфа и многих других. Однако российская градостроительная практика последнего десятилетия слабо научно и теоретически систематизирована.

Система и совокупность принципов развития градостроительства изложена в революционном по своему содержанию документе, определяющем концепцию градостроительной политики начала XXI века, — Национальной доктрине градостроительства России, разработанной Российской академией архитектуры и строительных наук, Союзом архитекторов России и Госстроем России [1]. Доктрина представляет собой долгосрочную основу стратегии и тактики градостроительной деятельности, служит фундаментом для совершенствования градостроительства не только на переходный период, но и на всю обозримую перспективу XXI века, а формирование системы регулирования архитектурно-градостроительной деятельности по архитектурно-планировочной организации градостроительных систем рассматривается как интернационализация идей устойчивого пространственного развития территории в современной градостроительной политике России.

Регулирование деятельности по архитектурно-планировочной организации градостроительных систем предполагает получение должного эффекта от управляемости процессами использования и застройки территории, адекватного им устройства рынков недвижимости, земли и инвестиций. Однако увеличение количества субъектов градостроительной деятельности, масштабное расширение их активности, изменение правовых приоритетов в их взаимоотношениях значительно усложняют процесс регулирования градостроительной деятельности.

Градостроительная наука, установив основные положения архитектурно-планировочной организации градостроительных систем, не в состоянии без информационного обеспечения исследовать управленческие взаимосвязи между экономической и хозяйственной деятельностью субъектов градостроительной деятельности и строением градостроительных систем, определить их точную динамику и процессы развития. Подобные трудности свидетельствуют о необходимости совершенствования и расширения информационного аспекта устойчивого пространственного развития территории. Информационное обеспечение градостроительной деятельности активно используется во всех сформировавшихся ее направлениях: градостроительном (территориальном) планировании, планировке и застройке территории, архитектурно-строительном проектировании, создании градостроительных банков данных. Его сущность состоит в разработке и применении информационных систем градостроительного профиля.

Использование информационных систем позволяет преодолеть несоответствия по функциональным, планировочным, пространственным показателям и воздействовать на архитектурно-планировочную организацию градостроительных систем, благодаря оценке объективных демографических, экономических, экологических, социальных процессов, учету взаимодействия направлений социально-экономического и градостроительного развития территории, а также реальной динамики и структуры инвестиционных и территориальных ресурсов [2]. В качестве одного из аспектов в исследовании рассматривается информационное обеспечение процесса формирования документов градостроительного регулирования.

Естественно, кардинальные изменения этих фундаментальных правовых положений потребовали изменений и дополнений основных положений теории градостроительства [3—5]. Необходим новый алгоритм градостроительства и порядок его реализации в архитектурно-градостроительной деятельности. И он был установлен Градостроительным кодексом РФ в редакции 2004 г. [5] — алгоритм регулирования с описанием всех основных процедур архитектурно-градостроительной деятельности.

В развитых странах такое регулирование осуществляется специальными ведомствами органов государственной власти и местного самоуправления, посредством правового и экономического регулирования развития инфраструктур и пользования недвижимостью. Деятельности таких ведомств придается особое значение, поскольку если государство не управляет развитием своей территории, ей практически управляют другие и управляют чаще всего не в интересах населения. Правовое регулирование осуществляется посредством установления определенных правил, оформляемых, в конечном счете, в виде ограничений — «обременений» права собственности, как права пользования

недвижимостью и затем контроля их соблюдения. Экономическое регулирование осуществляется преимущественно административно-правовыми мерами, посредством принятия ставок налогообложения недвижимости и регулирования ставок платежей за пользование услугами инфраструктур.

Наиболее близким нам примером подобной системы, действующей в условиях рыночной экономики в федеративном государстве, может служить законодательство и вертикаль соответствующих государственных органов в Германии, где их деятельность является одним из важнейших средств поддержания целостности государства и его управляющего воздействия на развитие территории. Целостность любого государства во многом определяется его способностью регулировать изменения состояния своей территории, обеспечивая этим эффективность ее использования и защиту интересов своих граждан, посредством поддержания заданного качества среды их жизнедеятельности. Управление развитием территории заключается, в конечном счете, в регулировании изменений ее состояния как среды жизнедеятельности граждан сообщества и материальной основы повышения экономической конкурентоспособности.

В России преобладают отраслевые структуры управления и практически отсутствуют организационные структуры, способные эффективно обеспечивать согласованность их действий на территории страны. Не отработаны и механизмы согласования действий органов территориального управления по вертикали. Для России, учитывая ее масштабы и отсутствие эффективных механизмов согласования различных интересов, связанных с использованием территории, орган государственной власти, осуществляющий функции регулирования развития территории, должен быть особо значимым. Однако сегодня его нет ни в новой структуре правительства России, ни в структуре органов государственного управления регионов. Любая часть территории страны (в поселениях и вне их) неразрывно связана с другими ее частями. Изменение ее состояния и использования неизбежно отражается на состоянии других частей, затрагивает многие интересы. Здесь пересекаются интересы по вертикали (от интересов федеральных структур до интересов частных лиц) и по горизонтали (интересы различных сфер деятельности и различных отраслей хозяйства).

Более десяти лет руководство Госстроя России и министерства регионального развития, на которые была возложена организация архитектурно-градостроительного регулирования в стране, не уделяло этому направлению должного внимания. Им была разрушена административно-управленческая вертикаль государственных органов (каковыми в СССР были органы архитектуры и градостроительства), уполномоченных координировать деятельность отраслевых ведомств, изменяющую состояние территории. Проводимая ими политика привела к развалу системы организаций, разрабатывавших градостроительную документацию. Они не смогли подготовить обоснованные предложения по организации осуществления функций регулирования развития территории в новой структуре правительства России.

Конституцией России управление развитием территории отнесено преимущественно к сфере компетенции субъектов Российской Федерации и муниципальных образований. Однако губернаторы и мэры, избираемые на четыре года, чаще всего ориентированы на решение текущих, а не перспективных проблем, не имеют необходимой профессиональной управленческой

подготовки (в частности элементов градостроительного образования). Некоторые из них не понимают, что каждое конкретное решение по застройке, прокладке коммуникаций и т. п. влечет за собой много пересекающихся цепочек последствий, которые изменяют состояние и условия использования территории не только в том месте, где оно предполагается.

Развитие территории, представляющее собой процесс ее пространственной организации и обустройства (т. е. изменения ее состояния применительно к изменяющимся требованиям к ее использованию) подчиняется определенным объективным закономерностям. Знание этих закономерностей необходимо не только профессионалам — архитекторам и градостроителям, но и лицам, подготавливающим и принимающим решения в сфере территориальной управленческой деятельности. Непонимание необходимости профессионального прогноза последствий принимаемых управленческих решений ведет к грубым градостроительным и политическим ошибкам, наносящим огромный материальный ущерб территориям и их населению.

В содержании новой градостроительной деятельности доминируют целевое функциональное назначение территории, правовое регулирование использования объектов недвижимости. В этом суть требований государства к градостроительной документации. Статус ее изменился от проектного к правовому — она стала нормативно-правовым актом территориального планирования. Это означает возникновение и описание в градостроительной документации прав и возможностей инвесторов в реализации собственного предпринимательского и хозяйственного интереса и обязанностей государства и муниципалитетов по формированию всей необходимой инфраструктуры территорий для обеспечения на ней как жизнедеятельности, так и развития экономики. Правовые режимы использования и развития территорий, установленные градостроительной документацией, должны пройти процедуры публичных и депутатских слушаний, согласований и утверждений. Выявление и учет мнения населения, проживающего на этой территории, по отношению к представленным разработчиками проектам является необходимым условием. Правовое укрепление таких процедур является укреплением государственных институтов общественного контроля за градостроительной деятельностью местных администраций.

Основы теории градостроительства вне зависимости от мнения чиновников деятели науки неупорядоченно, без государственной заинтересованности и поддержки, пополняют идеями и разработками научных положений территориального планирования и правового регулирования процессов градостроительного развития, не имея при этом достаточной базовой профессиональной подготовки. Благодаря современным работам экономистов, географов, компьютерной сети Интернет в обиход градостроителей входят все новые понятия и термины, отвечающие требованиям государства, все чаще они появляются и в новой градостроительной документации. Уже не вызывают непонимания у градостроителей, разработчиков документации стратегии социально-экономического развития, программы, инвестиционные проекты, инвестиционно-градостроительные проекты, градостроительные регламенты, точки роста (развития), регулирование отношений участков градостроительной деятельности, правила землепользования и застройки, градостроительные регламенты.

Регулирующий алгоритм архитектурно-градостроительной деятельности позволяет с определенной долей эффективности (ее уровень еще предстоит определить), но постоянно в качестве приоритета повышать комфортность проживания населения; способствовать экономическому развитию территории (принимать управляющие решения); устанавливать оптимальный (нужный) размер налоговых платежей за землю и иную недвижимость; стимулировать или ограничивать экономические, хозяйственные процессы; рассчитывать доходность бюджетов и инвесторов; планировать мероприятия по развитию территории.

Для обеспечения разработок новой градостроительной документации в отличие от опыта XX века формируется новая нормативная база, новые стандарты. В целях обеспечения комфортности проживания в основах теории градостроительства ведется разработка нормативов (не норм!) градостроительного проектирования; в целях развития — экономические средства и инструменты (зонирование, коэффициенты местоположения, ценностное зонирование и т. п.); нормативно-правовая документация с административными регламентами, параметрами развития территорий; проекты планировки и межевания; организационно-правовые формы развития территории — государственно-частные партнерства. Говорить о формировании какой-либо системы рано. Упомянутые компоненты теоретической системы противоречат друг другу. Удивительно, но попытки наладить некоторую взаимосвязь и взаимозависимость делают чиновники, а не ученые-теоретики. Это само по себе гарантирует прогресс в деле о модернизации и совершенствования основ теории градостроительной деятельности.

В первой части Гражданского кодекса [6] (статья 130) представлено определение объекта недвижимости: объектом недвижимости является земельный участок и все что прочно с ним связано, здания, строения, сооружения, обособленные водные объекты, многолетняя растительность и все, что находится над и под поверхностью земли. В 1994 году эта формулировка стала абсолютным шоком для всех архитекторов и градостроителей. Результатом деятельности градостроителей и архитекторов всегда было здание, строение, сооружение со всеми художественными, эстетическими принципами в его композиции. С появлением Гражданского кодекса стало понятно, что результатом архитектурно-градостроительной деятельности должен быть сформированный и застроенный земельный участок. И результатом разработки градостроительной документации, и результатом разработки архитектурной документации должен стать земельный участок и возможности его использования. Территория населенного пункта также должна делиться на земельные участки с разработанными общими правилами их использования.

До появления Гражданского кодекса РФ архитектурно-градостроительная деятельность *имела целью формирование комфортной для проживания среды*. Но среда не является объектом права и нет лица, обязанного нести ответственность за проблемы ее несформированности. В новой версии Градостроительного кодекса было внесено другое определение цели — *реализация прав человека на благоприятную среду, комфортную для проживания*. Не сама среда как архитектурный объект, а права человека.

Система обеспечения прав человека прописана в Градостроительном кодексе. Он стал документом для всех граждан страны и перестал быть узкоспециализированным документом только для профессионалов (там нет профессиональных понятий типа «композиция», «доминанты», «структура», «система

расселения» и т. д.). Профессиональную терминологию законодатели оставили градостроителям для межкуммуникационного общения, чтобы они могли понимать друг друга. Терминология формируется в основах теории градостроительства. С юридической точки зрения, в Градостроительном кодексе только общепотребительные термины, которые используются и в других кодексах РФ. Наличие эстетики, художественности, композиции — это условие работы архитектора-градостроителя. Государство требует иного — решений, которые вкладываются в градостроительную документацию и не должны нарушать права третьих лиц или конституционные права граждан РФ. Решения должны соответствовать требованиям законодательства РФ. Этот вопрос является главным в разработке решений градостроительной документации, а композиция и художественная составляющая документации стали условием проектной работы. Градостроительный кодекс РФ статус проектной документации оставил только комплектам проектно-строительной документации и проектам планировки. В этих документах главное содержание — проектное решение и разъяснительная записка (инженерные расчеты, технико-экономические показатели).

Документы территориального планирования и градостроительного зонирования получили статус нормативно-правовых, стало быть, в них должны содержаться проектно-управленческие решения. Планирование — это привычная сфера другой отрасли государственной экономики (социально-экономической), оно является неотъемлемой частью государственного института планирования, содержащего управленческие решения. Вот почему Градостроительный кодекс упразднил пояснительные записки, технико-экономические показатели, а на смену им ввел положения о территориальном планировании. В них отсутствует рассмотрение систем расселения, улично-дорожной и инженерной сетей как целостных объектов, а также композиции. Вводится понятия системы объектов транспортного обеспечения, инженерного обеспечения, т. п. У каждого объекта недвижимости этой системы может быть правообладатель, который обязан его надлежащим образом проектировать, строить, сдавать в эксплуатацию, эксплуатировать. Перечень отдельных объектов, которые должны в совокупности представлять собой градостроительные сети, — результат градостроительной документации. Понятия употребляются всеми федеральными законами. Именно в таком виде градостроительная документация будет понятна не только чиновникам, которые занимаются управлением имуществом, ведением кадастра, инвестициями, но и банкирам, инвесторам, инвестиционным компаниям, заказчикам проектно-строительной документации.

Если речь идет о коммерческих (инвестиционных) объектах, которые будут строиться за счет внебюджетных инвестиций, то они регулируются системой градостроительного зонирования и, соответственно, прописываются градостроительным регламентом. И наоборот, объекты, реализуемые за счет бюджетных средств разных уровней, находят персональное отражение в градостроительной документации. Философия их отражения имеет следующий смысл — через разработку генплана (схему территориального планирования) органы публичной власти сообщают бизнесу и населению о том, где будут строиться объекты (где будет государство работать). Все это определено на десятки лет вперед, и не надо у государства «под ногами болтаться». С другой стороны, государство обещает бизнесу наличие инженерной, транспортной

инфраструктур и возможность планирования бизнеса. (И ни каких красных линий в генплане, проектов детальных планировок центральной части и первой очереди со зданиями общественными или административными.) Смысл — в поиске компромисса между населением, застройщиками и публичной властью.

Градостроительный кодекс определил следующее: планы по прокладке, например, дорог в населенном пункте необходимо начинать с проекта планировки, потом на публичных слушаниях показать населению проект и только согласовать маршрут этой трассы и выдать разрешение на строительство. Публичные слушания необходимы, чтобы ознакомить население и выяснить его мнение по поводу какого-либо проекта. Это в современной действительности получило название «саморегулирование градостроительной деятельности».

За градостроительную деятельность и состояние территории исключительную ответственность сегодня несут региональные и местные чиновники, становясь первыми в формулировке положений основ теории градостроительства. На первый взгляд это абсурд. Однако неосознанно (они вынуждены соответствовать требованиям федерального законодательства) именно их стараниями в стране идет формирование современных основ теории градостроительства. Субъекты Российской Федерации, которые демонстрируют успехи в социально-экономическом развитии, формировании градостроительной деятельности в регионе — это Краснодарский край, Московская, Нижегородская, Самарская, Красноярская, Свердловская, Ростовская и другие области.

Примеры убеждают — оценка практики организации системы архитектурно-градостроительной деятельности одновременно является главной оценкой деятельности администрации по развитию территорий региона.

Проведем экспресс-оценку наличия и состояния компонентов системы архитектурно-градостроительной деятельности Волгоградской области с целью понимания эффективности развития региона.

Так, на региональном уровне:

1. Стратегия социально-экономического развития региона не носит инновационного характера. Не выделен в стратегии территориальный аспект развития.

2. В области нет ни одной целевой программы, имеющей конкретный территориальный адрес, несмотря на очевидные территориальные диспропорции в некоторых муниципальных районах и установленный в семи зонах области статус особо охраняемых территорий.

3. Схема территориального планирования Волгоградской области не имеет плана реализации.

4. Региональные нормативы градостроительного проектирования до сих пор временные, переписанные из СНиПов, СП, СН, разработанных в прошлом веке.

5. Единственный крупный инфраструктурный проект в регионе — объездная дорога вокруг Волгограда — начнет реализовываться после 2015 года.

6. Контроль за соблюдением градостроительного законодательства, переданный в область Министерством регионального развития РФ, «достался» самому уполномоченному в градостроительной деятельности органу и стал тормозом его развития.

На муниципальном уровне:

1. Местные администрации не имеют планов социально-экономического развития, целевых программ развития территорий, местных нормативов градостроительного проектирования.

2. Отсутствует система нормативно-правовой документации градостроительной деятельности, включая правила землепользования и застройки. Говорить о правовом регулировании отношений участков градостроительной деятельности не приходится.

Представленная оценка состояния дел в отрасли в русле научной дилеммы позволяет сформулировать направления научных исследований, без которых достичь прогресса в развитии основ теории градостроительства в кратчайшие сроки не представляется возможным. Это:

1) управление пространственным развитием территории (от моделей планировочной организации к моделям пространственных процессов развития);

2) стандартизация и нормирование современной градостроительной деятельности;

3) совершенствование градостроительного права;

4) взаимосвязь территориального и социально-экономического планирования;

5) взаимосвязь территориального планирования и инвестиционно-строительной деятельности.

По всем этим направлениям за истекшее десятилетие сформировалась достаточная практика, результаты которой представляют бесценный материал для научных исследований. Вывод напрашивается сам собой. В градостроительной деятельности «по гамбургскому счету» сделать что-либо не представляется возможным. Результаты архитектурно-градостроительной деятельности по определению не могут быть однозначными, а значит, заявленная научная дилемма остается актуальной. Это только начало нового большого пути российской архитектурно-градостроительной науки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Национальная доктрина градостроительства России. Концепция градостроительной политики на начало XXI века. М., 2001.

2. Юшкова Н. Г., Донцов Д. Г. Процессы управления градостроительной деятельностью: современные алгоритмы и технологические системы // Исследования и инновационные разработки РААСН : сб. ст. к общ. собр. РААСН : в 2 т. Т. 1. 2010. С. 15—21.

3. Об основах градостроительства в Российской Федерации : федеральный закон от 14.07.1992 г. № 3295-1-ФЗ.

4. Градостроительный кодекс Российской Федерации : федеральный закон от 7 мая 1998 г. № 73-ФЗ // Российская газета. 1998. № 94. 14 мая.

5. Градостроительный кодекс Российской Федерации : федеральный закон от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ // Российская газета. 2004. № 290. 30 декабря.

6. Гражданский кодекс Российской Федерации.

1. Natsional'naya doktrina gradostroitel'stva Rossii. Kontseptsiya gradostroitel'noy politiki na nachalo XXI veka. M., 2001.

2. Yushkova N. G., Dontsov D. G. Protsessy upravleniya gradostroitel'noy deyatel'nost'yu: sovremennye algoritmy i tekhnologicheskie sistemy // Issledovaniya i innovatsionnye razrabotki RAASN : sb. st. k obshch. sobr. RAASN : v 2 t. T. 1. 2010. S. 15—21.

3. Ob osnovakh gradostroitel'stva v Rossiyskoy Federatsii : federal'nyy zakon ot 14.07.1992 g. № 3295-1-FZ.

4. Gradostroitel'nyy kodeks Rossiyskoy Federatsii : federal'nyy zakon ot 7 maya 1998 g. № 73-FZ // Rossiyskaya gazeta. 1998. № 94. 14 maya.
5. Gradostroitel'nyy kodeks Rossiyskoy Federatsii : federal'nyy zakon ot 29 dekabrya 2004 g. № 190-FZ // Rossiyskaya gazeta. 2004. № 290. 30 dekabrya.
6. Grazhdanskiy kodeks Rossiyskoy Federatsii.

© *Донцов Д. Г.*, 2013

*Поступила в редакцию
в июне 2013 г.*

Ссылка для цитирования:

Донцов Д. Г. Научная дилемма архитектурно-градостроительной деятельности «проектирование — регулирование»: социально-экономический прорыв или бюрократический тупик в развитии регионов // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 225—236.

УДК 711.4: 332.1

Н. Г. Юшкова

ПРОБЛЕМЫ РЕОРГАНИЗАЦИИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В СОВРЕМЕННЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Впервые сформулирована актуальность для отечественного градостроительства проблемы адаптации градостроительных систем к социально-экономическим изменениям, порождающим современный организационно-правовой императив. Приведены результаты исследования автором воспроизведения его основных методологических положений в реальной практике управления градостроительными системами, заключающиеся в выявлении характеристик их функционирования с целью обоснования перспективных форм планирования их развития.

К л ю ч е в ы е с л о в а: градостроительная система, адаптивность, организационно-правовой императив, планирование инфраструктурного развития.

For the first time the author formulates the relevance for the domestic town-planning of the problem of town-planning system adaptation to social and economic changes generating modern organizational and legal imperative. The author provides the results of the research of reproduction of basic methodological principles in real practice of town-planning system management that involves determination of its functional characteristics aimed at justification of perspective forms of planning of their development.

K e y w o r d s: town-planning system, adaptivity, organizational and legal imperative, infrastructure development planning.

Актуальность современных научно-теоретических исследований и разработок в области градостроительства, согласно устоявшимся, традиционным взглядам, определяется сложностью и многогранностью этой сферы деятельности, задающей форму и качество организации пространства жизнедеятельности человека. Сущность градостроительных процессов принято рассматривать, прежде всего, с позиций возможных вариативов этих форм, идентифицирующих не только их «внутренние» механизмы функционирования, но и неизбежно возникающие противоречия между объектами и субъектами градостроительной деятельности, что является прямым следствием ее позиционирования в некотором «отрыве» от условий, факторов и тенденций социально-экономического развития. Научные приоритеты исследований в этой предметной сфере крайне редко рассматриваются в формате синтеза градостроительства с системой общественных социально-экономических отношений.

Происходящее можно объяснить распространенной точкой зрения на так называемую самооценку градостроительной науки, в том смысле, что это подвид архитектурной деятельности, не только со свойственными именно ему законами и закономерностями, но и со всеми вытекающими из этого последствиями, касающимися эстетических и даже искусствоведческих (в негативном смысле этих понятий) аспектов. Консервативное восприятие классических архитектурно-градостроительных исследований многими представителями научного сообщества — следствие того, что в их представлении научные положения работ в этой сфере не стыкуются ни с существующим социально-экономическим контекстом, ни с «прагматичными» (прикладны-

ми) научными направлениями, имеющими ярко выраженный, вполне материальный, предсказуемый и осязаемый (в отличие от градостроительства) народно-хозяйственный результат.

Однако внимательное изучение имеющихся прогрессивных завоеваний в рассматриваемой сфере профессиональных исследований и разработок дает полное основание говорить о состоятельности градостроительства как деятельности, основанной на системообразующих принципах, что и представляет особую ценность для формирования его теоретических основ. Обязательность комплексного, системного изучения как в современном, так и в историческом контексте, процессов освоения и использования территории делает градостроительство совершенно уникальной сферой деятельности. Соответственно вывод о «системной» природе градостроительства, вызываемой наличием прямых и обратных связей со смежными видами деятельности по преобразованию среды жизнедеятельности, представляется вполне очевидным. А понимание неизбежности интеграции градостроительной деятельности в систему современных социально-экономических отношений доказывает обоснованность и актуальность проблемы адаптации к изменяющимся условиям ее существования [1, 2].

Гипотетически и общая направленность современного градостроительства, и вариативность форм территориально-пространственного развития градостроительных объектов любого иерархического уровня обуславливается структурной трансформацией методологических основ осуществляемой в нашей стране государственной политики¹. По мнению автора, данный посыл формирует качественно новый взгляд и на происходящее, и на перспективы профессиональной градостроительной деятельности, и на акценты научных исследований.

Изучение современного этапа формирования императивов развития социально-экономических систем в нашей стране позволило установить наличие и сосуществование в теории и практике государственного управления территориями нескольких видов документальных форм одновременно, различающихся статусами содержания (концепции, стратегии, основные направления, федеральные законы, распоряжения и т. п.) и утверждения (действующий, находящийся в определенной стадии согласования, проектный). Имеется в виду, что система нормативно-правового обеспечения субъектов отечественного рынка еще достаточно молода: она находится в стадии формирования принципов. Это означает возможность и даже обязательность постоянного появления поисковых эмерджентных разработок, которые довольно часто рассматриваются их инициаторами и разработчиками как «пионерные», опытные образцы, а многие из них неоднократно претерпевают существенные преобразования, что влечет за собой не только трансформацию их содержания, но и наименований. Так, например, документ, возникающий первоначально как «основные положения», впоследствии может быть обо-

¹ Детальному изучению особенностей и закономерностей формирования основных методологических положений современной государственной социально-экономической политики посвящен ряд исследований автора, результаты которых изложены в ряде опубликованных ранее материалов, таких, например, как *Юшкова Н. Г.* Территориальное планирование и государственная политика развития региона // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2013. Вып. 30(49). С. 365—387.

значен как «концепция», в процессе дальнейшей работы над ним преобразовывается в «стратегию». Как следствие этих поисковых, и поэтому все еще несовершенных, управленческих решений формируется пакет разработок не только слабо увязанных между собой, но и откровенно конфликтующих друг с другом. Вместе с тем, утверждения о том, что изменения, происходящие в процессе становления современной системы нормативно-правового обеспечения, пока еще далеки от идеала и не оказывают заметного влияния на отдельные профессиональные сферы деятельности (в частности, градостроительство), не вполне корректны.

Отмеченные изменения, казалось бы, не только могли, но и должны были бы найти свое отражение в современной системе градостроительного законодательства, определяющей правовые основы и принципы взаимодействия участников в этой сфере деятельности. Очевидно, что квинтэссенция идеологических и структурных новелл, закрепляемых в исследованных материалах (Н. Юшкова, 2013) в различных модификациях, сгруппированных по трем направлениям (государственное управление, наука и образование, региональное развитие), задает новый вектор развития территории, формирует логическую конструкцию, обеспечивающую поступательное реформирование градостроительства. А это не может не сказываться на корректировке и даже на трансформации отдельных положений действующих законодательных документов, задающих правовые начала градостроительной деятельности. До сегодняшнего дня таким практически единственным документом является Градостроительный кодекс РФ.

История разработки этого вида кодифицированного правового акта в нашей стране насчитывает чуть более двадцати лет. Сегодня уже сложно представить себе, что первый российский федеральный закон, регламентирующий отношения участников градостроительной деятельности, был разработан только в 1992 г. [3]. До этого времени отсутствовала как таковая практика правоприменения не только системных документов, но и отдельных законодательных актов. В развитии положений Федерального закона «Об основах градостроительства в Российской Федерации» был разработан и принят Градостроительный кодекс РФ в редакции 1998 г. [4], а затем в новой редакции 2004 г. [5]. Этот закон кардинально изменил многое, например, существовавшие представления об объектах и субъектах градостроительной деятельности, сложившиеся взгляды на место и роль градостроительной документации в процессе принятия управленческих решений по освоению, развитию и реконструкции территории. Он стал рассматривать ее как системный инструмент обеспечения реализации полномочий субъектов управления разных уровней с максимальным учетом их взаимных интересов и как перспективу обновления законодательных методов.

Все эти нововведения, без сомнения, способствовали решению проблемы поиска эффективных и перспективных направлений совершенствования градостроительной деятельности. В особенности влияние этих импульсов сказалось на оптимизации способов решения профессиональных задач по повышению управляемости градостроительной деятельности. Вместе с тем, императивная сущность инновационного (опережающего) развития социально-экономических систем (регионов) по-прежнему не воспринимается системой градостроительного законодательства в частности и градостроительной

деятельности в целом. Данное заявление основывается на результатах проведенного сравнительного анализа законодательных актов, концептуальных материалах, проектных документов, инициируемых с уровня Президента РФ и Правительства РФ в сферах государственного управления, науки и образования, регионального развития, причисленных к периоду с 1992 г. и по настоящее время (см. текст и рис. ранее упомянутой работы автора).

Необходимость установления причин данного явления требует определения форм и содержания процесса адаптации градостроительной деятельности к императивам современной государственной политики.

Наличие современных признаков процесса адаптации градостроительных систем регионов нашей страны к происходящим социально-экономическим изменениям предполагалось выявлять посредством фиксации на территории субъектов федерации ее (адаптации) конкретных проявлений для сравнения динамики, характера равномерности их распределения, типологии возможных пространственных форм развития территории и т. п.

Для решения этой задачи автором были изучены и систематизированы имеющиеся в свободном доступе информационные ресурсы, такие, например, как официальные сайты Президента Российской Федерации, Правительства Российской Федерации, федеральных округов, правительств и администраций субъектов Российской Федерации, открывшие доступ к новейшим видам документов (стратегиям и концепциям развития территорий федерального уровня, уровня федеральных округов и субъектов Российской Федерации) и к документам территориального планирования в последних своих редакциях, а впоследствии осуществлен их анализ [6—9].

Исследование тенденций развития градостроительных систем регионов Российской Федерации осуществлялось по двум направлениям (социально-экономическое развитие и градостроительное развитие), в территориально-пространственном аспекте синхронизировано. Иными словами, графически каждый федеральный округ, выделенный из схемы Российской Федерации, был разделен на соответствующие субъекты РФ, а затем уже каждый из них рассматривался на предмет наличия реальных проявлений адаптации в региональных градостроительных системах. Они устанавливались посредством территориально-пространственной привязки зон (объектов), реализующих основополагающие элементы современной государственной политики развития регионов (согласно имеющимся документальным фактам и их детальному изучению). Логика выполняемых методических манипуляций заключалась в получении фактологической картины, объективно раскрывающей особенности функционирования градостроительных систем регионов в современных условиях и позволяющей обосновать современные принципы их реорганизации.

Совокупность полученных в ходе исследования данных позволила построить схемы развития региональных градостроительных систем, дифференцированных по уровням федеральных округов и субъектов федерации, в двух различных версиях развития (по документам планирования социально-экономического развития и по документам территориального планирования). А сопоставимость этих схем стала возможной благодаря специально разработанной для выполнения этой задачи единой системы условных обозначений, раскрывающих ведущие характеристики развития территории.

Итогом выполнения данной части исследования стало получение количественных и качественных характеристик состояния градостроительных систем регионов, отражающих их адаптацию к социально-экономическим изменениям с последующим построением на основе полученных данных диаграмм (рис. 1, 2). В качестве таких основных характеристик, отражающих современные особенности развития градостроительных систем регионов РФ, стало их ранжирование в группы, различающиеся степенью адаптации к изменениям: регионы с высокой (I группа), средней (II группа) и низкой степенью адаптации (III группа) соответственно.

Таким образом, согласно обеим версиям (планирования социально-экономического развития и территориального планирования градостроительных систем) выделились три неоднородных по составу и содержанию группы региональных градостроительных систем. Наличие в каждой из групп ведущего признака — определенной степени адаптации — позволило охарактеризовать перспективы развития территории региона в различных, даже взаимоисключающих версиях и дало возможность графического воспроизведения проявлений адаптации. Кроме того, построенные диаграммы диагностировали многие серьезные противоречия в градостроительных системах регионального уровня, определяя их сильные и слабые стороны в процессе адаптации требований системы государственного управления к градостроительной деятельности.

Характеризуя в целом диаграмму, отражающую адаптивность градостроительных систем региона к социально-экономическим изменениям по результатам анализа документов планирования социально-экономического развития (см. рис. 1) было установлено следующее: показатели адаптации в регионах неодинаковые. I группа сформирована 20 субъектами федерации (24,3 % от общего количества субъектов РФ), во II группу входят 55 субъектов федерации (66,27 %) и в III группу — 8 субъектов федерации (9,4 %).

Превалирует группа регионов, показывающих среднюю степень адаптации. Она объединяет по двенадцать субъектов РФ (14,4 %) Центрального и Южного федеральных округов, по восемь субъектов РФ (9,6 %) Северо-Западного и Приволжского федеральных округов, семь (8,4 %) — Сибирского федерального округа, пять (6 %) — Дальневосточного федерального округа, три (3,6 %) — Уральского федерального округа. Группа с высокой степенью адаптации градостроительных систем объединяет 20 субъектов РФ, наибольшее количество которых (шесть) сосредоточено в Приволжском ФО, пять — в Сибирском ФО, по три — в Центральном и в Северо-Западном ФО, два — в Уральском ФО и один — в Дальневосточном ФО. Исключение в этой группе составляет Южный федеральный округ, проявления адаптации в котором не зафиксированы. Самой малочисленной является группа регионов с низкой степенью адаптации, объединяющая восемь субъектов федерации, находящихся в ЦФО (Владимирская, Ивановская, Костромская области), в ЮФО — республика Дагестан, в УФО — Курганская область, в ДВФО — Камчатский край, Магаданская область и Чукотский автономный округ. Согласно документам планирования социально-экономического развития в Северо-Западном, в Приволжском и в Сибирском федеральных округах, отсутствуют субъекты РФ с низкой степенью адаптации к социально-экономическим изменениям.

По аналогии с рассмотренной выше методической последовательностью была составлена диаграмма, отражающая адаптивность градостроительных систем региона к социально-экономическим изменениям, но по результатам анализа документов территориального планирования. В первую типологическую группу с высокой степенью адаптации градостроительных систем регионов вошли 13 субъектов федерации (15,46 %), а вторая и третья группы (со средней и с низкой степенями адаптации) сформированы 34 (41,12 %) и 36 субъектами федерации (43,37 %) соответственно. Таким образом, вторая и в третья типологические группы — наиболее многочисленные, соизмеримые по количеству образующих их субъектов федерации.

Самая малочисленная группа регионов (с высокой степенью адаптации) объединяет 13 субъектов федерации, которые находятся во всех, за исключением Южного ФО, федеральных округах. Количество субъектов федерации, образующих эту группу, колеблется от одного до четырех (в зависимости от федерального округа). Субъекты федерации этой группы расположены (в порядке убывания): в Центральном ФО (Воронежская, Тамбовская, Московская области и город Москва), Приволжском ФО (республика Татарстан, Нижегородская и Самарская области), Уральском ФО (Свердловская и Челябинская области), Северо-Западном ФО (Ленинградская область), Северо-Кавказском ФО (Ставропольский край), Сибирском ФО (Кемеровская область), Дальневосточном ФО (Хабаровский край).

Наибольшее количество субъектов РФ, сформировавших группу регионов со средней степенью адаптации, расположены в ЦФО (12 субъектов РФ, или 14,4 %), СЗФО (6 или 7,2 %), ПФО (6 или 7,2 %), СФО (6 или 7,2 %), СКФО (2 или 2,4 %), ДВФО (2 или 2,4 %). Проявления адаптации средней степени, согласно положениям документов территориального планирования, отсутствуют в регионах, территориально принадлежащих ЮФО и УФО.

Группа регионов, показывающих низкую степень адаптации к социально-экономическим изменениям, образована шестью субъектами федерации (7,2 %) из Южного и Дальневосточного федеральных округов, пятью субъектами федерации (6,0 %) из Приволжского (республики Башкортостан и Марий Эл, Кировская, Оренбургская и Саратовская области) и Сибирского (республики Алтай и Тыва, Алтайский и Забайкальский края, Омская область) федеральных округов, четырьмя субъектами федерации (или 4,8 %) из Северо-Западного (Архангельская и Новгородская области, республика Коми и Ненецкий автономный округ), Северо-Кавказского (республики Карачаево-Черкесская, Чеченская, Северная Осетия и Дагестан), Уральского федеральных округов, а также двумя субъектами федерации (2,4 %) из Центрального федерального округа (Ивановская и Костромская области).

В рамках исследования для установления удельного веса регионов по их принадлежности к каждой из трех групп также проводилась сравнительная оценка проявлений адаптации субъектов РФ в каждом из федеральных округов. Таким образом, было установлено, что, согласно документам планирования социально-экономического развития территорий, в большинстве федеральных округов запланирована примерно одинаковая интенсивность развития регионов, принадлежащих к группе со средней адаптивностью (в процентном соотношении к общему количеству субъектов РФ). Эти показатели колеблются в среднем от 50 % (49,98 % (УФО), 55,55 % (ДВФО), уве-

личиваются до 66,6 % (ЦФО), до 72,72 % (СЗФО) и достигают 92,4 % (ЮФО). Достаточно высокое процентное соотношений регионов этой группы к другим группам и достаточно равномерное их распределение по территориям федеральных округов дает основание говорить о целенаправленном закреплении в соответствующих документах государственной политики реализации именно этого вида проявления адаптации градостроительных систем к социально-экономическим изменениям.

Сравнительная оценка проявлений адаптации субъектов РФ в каждом из федеральных округов, выполненная по результатам анализа документов территориального планирования развития регионов, показала следующее. Обращает на себя внимание выраженный контраст между группой субъектов РФ с высокой степенью адаптации к социально-экономическим изменениям, к которой принадлежит ограниченное количество регионов, и двумя другими группами. В них отмечено соизмеримое количество региональных градостроительных систем в целом по группам субъектов РФ со средней и с низкой степенями адаптации (34 и 36 % соответственно) и одновременно неодинаковое «наполнение» этих групп в каждом из федеральных округов. Так, в группе со средней степенью адаптации выявлен сильный контраст между Центральным федеральным округом (66,60 %) и, например, Северо-Кавказским (25 %), Дальневосточным (22,22 %), Уральским и Южным (0 %) федеральными округами. А в группе с низкой степенью адаптации колебания в количестве субъектов федерации варьируются незначительно, в основном, от 35 до 60 %, что связано с существенной разницей в количественном составе различных федеральных округов. Важным представляется также установление особенности принятия разработчиками документов территориального планирования решения о «сознательном» закреплении в них средне- и слабо-выраженных проявлений адаптации к социально-экономическим изменениям.

В соответствии с задачами исследования выявлялись аналогии в идентичных группах субъектов федерации посредством сравнительного анализа обеих диаграмм (см. рис. 1, 2). Из двадцати субъектов федерации, входящих в группу региональных градостроительных систем, отражающих высокую степень адаптации к происходящим социально-экономическим изменениям (см. рис. 1), по сравнению с аналогичной группой субъектов РФ диаграммы на рис. 2, совпадают только восемь субъектов РФ. Они расположены в Центральном ФО (город Москва и Московская область), в Приволжском ФО (республика Татарстан, Нижегородская и Самарская области), а также в Уральском федеральном округе (Свердловская и Челябинская области). Соответственно ни один из субъектов Северо-Западного, Южного, Северо-Кавказского, Сибирского и Дальневосточного федерального округов не отражен в группе регионов с высокой степенью адаптации (см. рис. 2).

Данные диаграммы (см. рис. 2) о характере наполнения группы субъектов федерации со средней степенью адаптации, в отличие от диаграммы рис. 1, показывают, что в системе территориального планирования превалирует тенденция снижения количества регионов, отражающих восприимчивость ими импульса адаптивности, вследствие чего увеличивается количество регионов со средней и низкой степенями адаптации. Кроме того, субъекты с низкой степенью адаптации демонстрируют высокую степень «покрытия» территорий федеральных округов (см. рис. 2), в отличие от данных предыдущей диаграммы,

где субъекты этой группы показали выраженную неравномерность размещения по территории страны. Отмеченное «подавление» процессов адаптации региональных градостроительных систем первой группы со стороны второй и третьей типологических групп означает отсутствие на сегодняшний день возможности или способности регионов корректно отражать направления государственной политики ускоренного экономического развития градостроительных систем регионов, обозначенные в соответствующих документах и результируемые в диаграмме (см. рис. 1). Вместе с тем нельзя не отметить, что этот вектор в определенной степени воспринят профессиональной сферой градостроительной деятельности — территориальным планированием. Необходимость субъектов федерации следовать проводимой государственной политике, закрепляемой в документах планирования социально-экономического развития территорий, определяемая средними показателями (см. рис. 1), поддержана в ограниченном количестве документов территориального планирования уровня субъектов РФ. В то же время несовпадение перечня практически всех субъектов РФ второй группы (по результатам анализа документов территориального планирования) со списком субъектов РФ (по результатам анализа документов планирования социально-экономического развития) не может являться прямым свидетельством того, что при разработке документы территориального планирования доминируют стандартные и даже инерционные, подходы. Несовершенство действующей системы разработки и утверждения документов этого типа не позволяет в полной мере учитывать императивы национальной государственной политики.

Все это доказывает состоятельность тенденций смещения региональной градостроительной политики в направлении целенаправленного снижения влияния факторов государственного управления (государственной политики социально-экономического развития градостроительных систем).

С целью дальнейшего изучения феномена адаптации градостроительных систем регионов к социально-экономическим изменениям и определения ее степени автором работы был проведен сравнительный анализ новейших тенденций развития территорий субъектов Российской Федерации, имеющих документальное подтверждение. Он основывался на изучении документов планирования социально-экономического развития территорий (таких, как стратегические документы федерального уровня, стратегии и концепции развития федеральных округов Российской Федерации и субъектов Российской Федерации), документов территориального планирования развития регионов Российской Федерации, разработанных в соответствии с Градостроительным кодексом РФ 2004 г. При этом решалась задача установления фактов наличия реальных проявлений адаптации в региональных градостроительных системах посредством выявления, фиксации и последующего сопоставления положений этих документов.

Полученные результаты сравнительного анализа документов сопоставлялись с результатами мониторинга фактического состояния процесса практической реализации приоритетных программ и проектов развития регионов. Методические подходы к осуществлению анализа базировались на установлении признаков наличия (отсутствия) у территорий регионов адаптационных проявлений к современным требованиям государственной политики, выражающихся в территориальном закреплении соответствующих объектов (зон)

пространственных развития. Проведение сравнительного анализа было нацелено на установление единства принципов адаптации развития территории регионов совпадений (либо расхождений) между целями пространственного развития территорий государственного уровня, а также их формализацией и реализацией на региональном уровне.

Как следствие проведенной аналитической работы была сформирована матрица-маршрутизатор проявлений адаптации к современным социально-экономическим изменениям в градостроительных системах регионов РФ, состоящая из двадцати семи исходных и девяти результирующих ячеек, — индексов адаптивности территорий (рис. 3, 4):

- синхронизация процесса реализации приоритетных программ и проектов развития с положениями документов территориального планирования и планирования социально-экономического развития (стратегического) развития;

- адекватность процесса реализации программ развития территории положениям документов территориального и стратегического планирования;

- не адекватность процесса реализации программ развития территории положениям документов территориального и стратегического планирования;

- адекватность процесса реализации программ развития территории положениям документов стратегического планирования (вразрез с положениями документов территориального планирования);

- не адекватность положений документов территориального планирования и процесса реализации программ развития территории положениям документов стратегического планирования;

- наличие адаптивных проявлений в положениях документов территориального планирования и в процессе реализации программ развития территории при их отсутствии в положениях документов стратегического планирования;

- наличие адаптивных проявлений в положениях документов территориального планирования при их отсутствии в положениях документов стратегического планирования и в процессе реализации программ развития территории;

- наличие адаптивных проявлений в процессе реализации программ развития территории при их отсутствии в положениях документов стратегического и территориального планирования;

- отсутствие адаптивных проявлений в положениях документов стратегического и территориального планирования и в процессе реализации программ развития территории.

Ранжирование ячеек отражает динамику снижения адаптивности территорий: если первая ячейка отражает оптимальное соотношение всех трех составляющих процесса оценки, то, соответственно, девятая ячейка, характеризующая отсутствие адаптивных проявлений, демонстрирует наиболее неблагоприятную ситуацию. В номенклатуру ячеек матрицы заложены строго определенные характеристики перспективных процессов развития территорий, раскрывающие современные особенности функционирования градостроительных систем. Таким образом, была установлена прямая связь между фактической возможностью существования девяти вариантов адаптивности регионов РФ к социально-экономическим изменениям и соответствующими им показателями (индексами) адаптивности.

Наличие высшего индекса адаптивности регионов (VIII), характеризующего синхронизацию процессов реализации приоритетных программ и проектов развития с документами территориального планирования и документов планирования социально-экономического развития (стратегического) развития, выявлено только в четырех регионах, расположенных в четырех федеральных округах: Липецкая область в Центральном ФО, Ставропольский край в Северо-Кавказском ФО, республика Мордовия в Приволжском ФО и Омская область в Сибирском ФО.

Адекватность процесса реализации программ развития территории положениям документов стратегического и территориального планирования (индекс адаптивности — VII) присутствует во всех, без исключения, федеральных округах. Это группа регионов, в которых выявлены совпадения пространственных воспроизведений требованиям современного императива развития территорий. Лидирующие позиции по этому показателю занимают Центральный (Воронежская, Калужская и Московская области, г. Москва) и Приволжский федеральные округа (республики Татарстан и Чувашия, Нижегородская и Самарская области). В остальных федеральных округах количество подобных субъектов РФ колеблется от одного до двух. Это: Мурманская область (Северо-Западный ФО), республика Адыгея (Южный ФО), Кабардино-Балкарская республика (Северо-Кавказский ФО), Свердловская и Челябинская области (Уральский ФО), республика Алтай и Кемеровская область (Сибирский ФО), а также Приморский край (Дальневосточный ФО).

Наиболее показательной и многочисленной является ситуация, выражаемая наличием группы субъектов РФ с индексом адаптивности, равным VI, которая показывает наличие адаптивных проявлений только в положениях документов территориального и стратегического планирования. В ЦФО это — Белгородская, Брянская, Владимирская, Ивановская, Курская, Орловская, Рязанская, Смоленская, Тамбовская, Ярославская области; СЗФО — республика Карелия, Архангельская, Вологодская и Псковская области; ПФО — республики Башкортостан, Марий Эл, Удмуртия, Пермский край, Кировская и Саратовская области; УФО — Курганская и Тюменская области; в СФО — Республика Хакасия, Забайкальский и Красноярский края, Иркутская область; ДВФО — республика Саха (Якутия) Амурская область и Еврейская автономная область. В эту категорию регионов ни один из субъектов Южного и Северо-Кавказского федеральных округов не вошел.

Совпадение процесса реализации программ развития территории и положений документов стратегического планирования при одновременной невосприимчивости документов территориального планирования к социально-экономическим изменениям, выражающиеся индексом адекватности, равным V, отмечено в незначительном количестве регионов России. Среди них: Калининградская область (СЗФО), Краснодарский край (ЮФО), республики Ингушетия, Северная Осетия — Алания, Карачаево-Черкесская (СКФО); Ульяновская область (ПФО); Бурятская республика, Алтайский край и Томская область (СФО). В этой категории регионов не выявлены субъекты Центрального и Уральского федеральных округов.

В группу российских регионов с индексом адаптивности IV объединены субъекты РФ, характеризующиеся наличием проявлений исключительно в положениях документов стратегического планирования. Костромская и Туль-

ская области (ЦФО); Волгоградская и Ростовская области (ЮФО); Чеченская республика и республика Дагестан (СКФО); Оренбургская и Пензенская области (ПФО); республика Тыва (СФО); Сахалинская область (ДВФО).

Наименее частыми случаями являются группы региональных градостроительных систем с индексами III и II. Первую из них составляют субъекты федерации, характеризующиеся наличием адаптивных проявлений в положениях документов территориального планирования и в процессе реализации программ развития территории при их отсутствии в положениях документов стратегического планирования (Хабаровский край, ДФО). В отличие от данной группы регионов, при наличии адаптивных проявлений в положениях документов территориального планирования при их отсутствии в положениях документов стратегического планирования и в процессе реализации программ развития территории выделяются такие субъекты федерации, как республика Коми (СЗФО), Республика Калмыкия, Астраханская область (ЮФО).

Наличие адаптивных проявлений в процессе реализации программ развития территории при их отсутствии в положениях документах стратегического и территориального планирования выражается в присвоении региональным градостроительным системам индекса адаптивности, равного I, (Тверская область, ЦФО; Ленинградская область и г. Санкт-Петербург, СЗФО).

Группу региональных градостроительных систем, в которых отсутствуют адаптивные проявления и в положениях документов стратегического и территориального планирования, и в процессе реализации программ развития территории образуют такие субъекты федерации, как Ненецкий автономный округ (СЗФО); Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа (УФО); Камчатский край, Магаданская область, Чукотский автономный округ (ДВФО).

Таким образом, в структуре матрицы четко разграничиваются три характерные ситуации, в которые сгруппированы определенные варианты проявлений адаптации градостроительных систем регионов к социально-экономическим изменениям.

Первой ситуации соответствуют с первого по пятый варианты проявлений адаптации градостроительных систем. Все они характеризуются приоритетом адаптивных проявлений в документах планирования социально-экономического развития территорий, что означает максимальную адекватность этой сферы деятельности по отношению к социально-экономическим изменениям, закрепляемым в положения государственной политики. Ограниченное количество градостроительных систем регионов, попадающих под первый (4 субъекта РФ) и второй (16 субъектов РФ) варианты проявлений адаптации, свидетельствует о слабой на сегодняшний день синхронизации процессов развития. В то же время фактическое наличие этих вариантов — знак того, что они возможны и реалистичны. Третий, четвертый и пятый варианты различаются вариативными формами «отклика» градостроительных систем на современные вызовы развития территорий, устанавливаемых государственной политикой. Третий и четвертый варианты показывают координацию с документами планирования социально-экономического развития либо документов территориального планирования, либо результатов практической реализации

приоритетных программ и проектов развития территорий регионов соответственно. В пятом варианте отмечена адаптация исключительно документов планирования социально-экономического развития градостроительных систем регионов.

Во второй ситуации, в отличие от первой, адаптация регионов к изменениям зафиксирована в положениях документов территориального планирования или же отражена в процессе практической реализации приоритетных программ и проектов развития территорий, но не проявлена в документах планирования социально-экономического развития регионов.

Третьей ситуацией соответствует девятый вариант, который объединяет градостроительные системы регионов с не установленными признаками проявлений адаптации, а также те, по которым отсутствует необходимая для решения данной задачи информация.

Выделение (разграничение) ситуаций являлось необходимой стадией выполнения сравнительного анализа и получения характеристик адаптивности градостроительных систем регионов. Они показывают, что «сквозной» принцип воспроизведения современного организационно-правового императива развития территорий регионов в российской практике (и в документах планирования социально-экономического развития субъектов, и в документах территориального планирования, и в процессе практической реализации приоритетных программ и проектов развития территорий регионов) представляется по-прежнему редким, если не исключительным, явлением. Как показывает практика, большая часть проблем, связанная с ограничением его интеграции в систему управления процессами развития территорий, обусловлена рассогласованностью органов исполнительной власти уровня субъекта федерации как в структурах, занимающихся вопросами планирования социально-экономического развития регионов, так и в органах власти, уполномоченных в вопросах градостроительства и архитектуры.

В качестве одного из наиболее допустимых, приемлемых и в то же время достаточно эффективных направлений решения этой проблемы в системе градостроительной деятельности представляется обеспечение синхронизации взаимодействия двух форм планирования — социально-экономического развития и градостроительного развития регионов, выражающейся в использовании метода планирования инфраструктурного развития территории региона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дорошенко С. В.* Инновационные императивы модернизации региональных социально-экономических систем. Режим доступа: [http:// www.gosbook.ru/node/58320](http://www.gosbook.ru/node/58320) (дата обращения: 21.01.2013).
2. Национальная философская энциклопедия. Режим доступа: <http:// terme.ru> (дата обращения: 24.04.2013).
3. Об основах градостроительства в Российской Федерации : Федеральный закон РФ от 14.07.1992 г. № 3295-1-ФЗ.
4. Градостроительный кодекс Российской Федерации : Федеральный закон от 7 мая 1998 г. № 73-ФЗ // Российская газета. 1998. № 94. 14 мая.
5. Градостроительный кодекс Российской Федерации : Федеральный закон от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ // Российская газета. 2004. № 290. 30 декабря.
6. Концепция стратегии социально-экономического развития регионов Российской Федерации / Министерство регионального развития Российской Федерации. М., 2005.
7. Концепция совершенствования региональной политики в Российской Федерации : проект / Министерство регионального развития Российской Федерации. М., 2010.

8. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года, : проект / Министерство экономического развития Российской Федерации, 2013.

9. Основные направления деятельности Правительства Российской Федерации на период до 2016 года, утв. Правительством РФ 31.01. 2013 г.

1. *Doroshenko S. V.* Innovatsionnye imperativy modernizatsii regional'nykh sotsial'no-ekonomicheskikh sistem. Rezhim dostupa: [http:// www.gosbook.ru/node/58320](http://www.gosbook.ru/node/58320) (data obrashcheniya: 21.01.2013).

2. Natsional'naya filosofskaya entsiklopediya. Rezhim dostupa: <http:// terme.ru> (data obrashcheniya: 24.04.2013).

3. Ob osnovakh gradostroitel'stva v Rossiyskoy Federatsii : Federal'nyy zakon RF ot 14.07.1992 g. № 3295-1-FZ.

4. Gradostroitel'nyy kodeks Rossiyskoy Federatsii : Federal'nyy zakon ot 7 maya 1998 g. № 73-FZ // Rossiyskaya gazeta. 1998. № 94. 14 maya.

5. Gradostroitel'nyy kodeks Rossiyskoy Federatsii : Federal'nyy zakon ot 29 dekabrya 2004 g. № 190-FZ // Rossiyskaya gazeta. 2004. № 290. 30 dekabrya.

6. Kontseptsiya strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya regionov Rossiyskoy Federatsii / Ministerstvo regional'nogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii. M., 2005.

7. Kontseptsiya sovershenstvovaniya regional'noy politiki v Rossiyskoy Federatsii : projekt / Ministerstvo regional'nogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii. M., 2010.

8. Prognoz dolgosrochnogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda : projekt / Ministerstvo ekonomicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii, 2013.

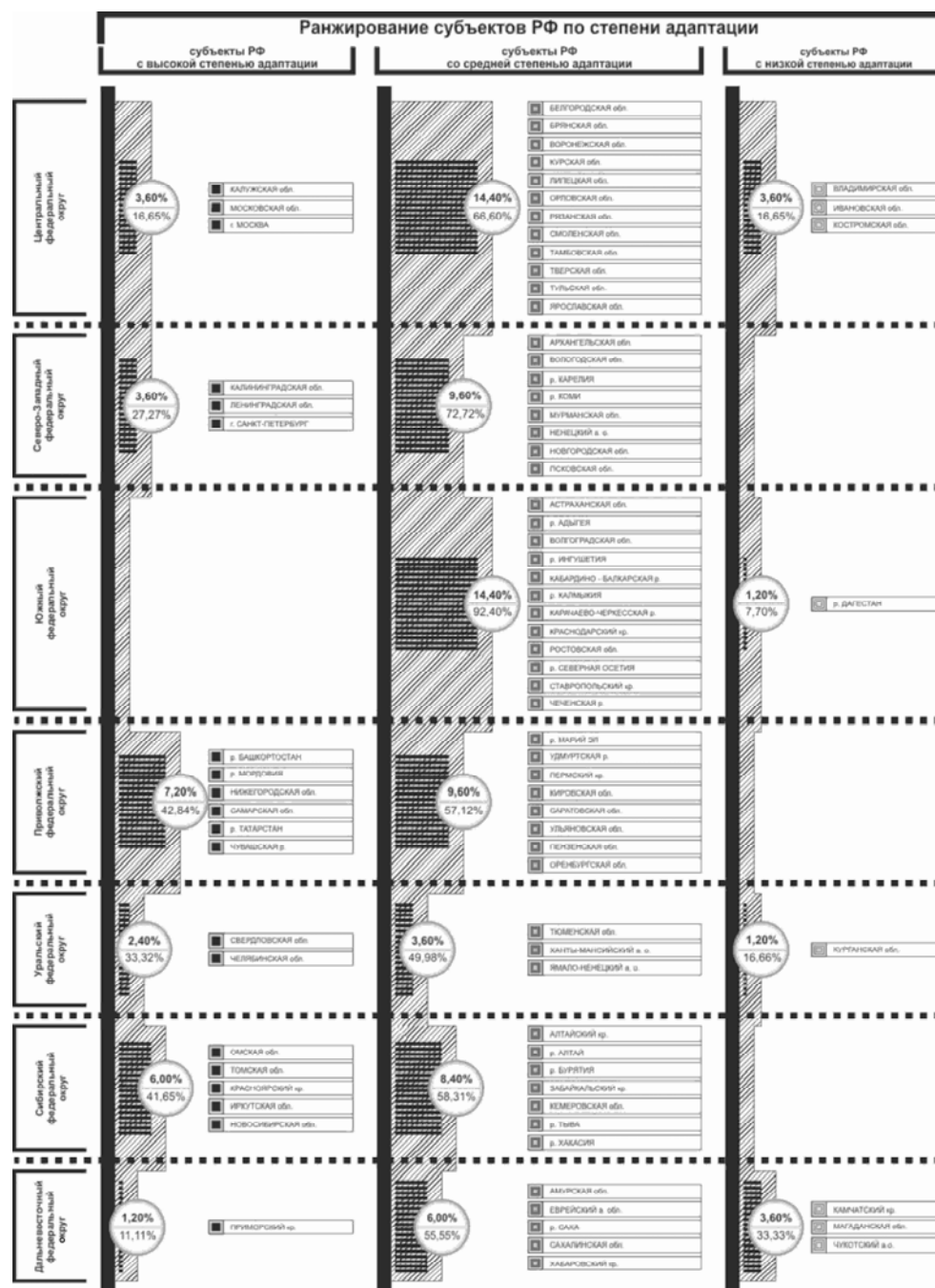
9. Osnovnye napravleniya deyatelnosti Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii na period do 2016 goda, utv. Pravitel'stvom RF 31.01. 2013 g.

© Юшкова Н. Г., 2013

*Поступила в редакцию
в июне 2013 г.*

Ссылка для цитирования:

Юшкова Н. Г. Проблемы реорганизации градостроительных систем в современных социально-экономических условиях // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 237—253.

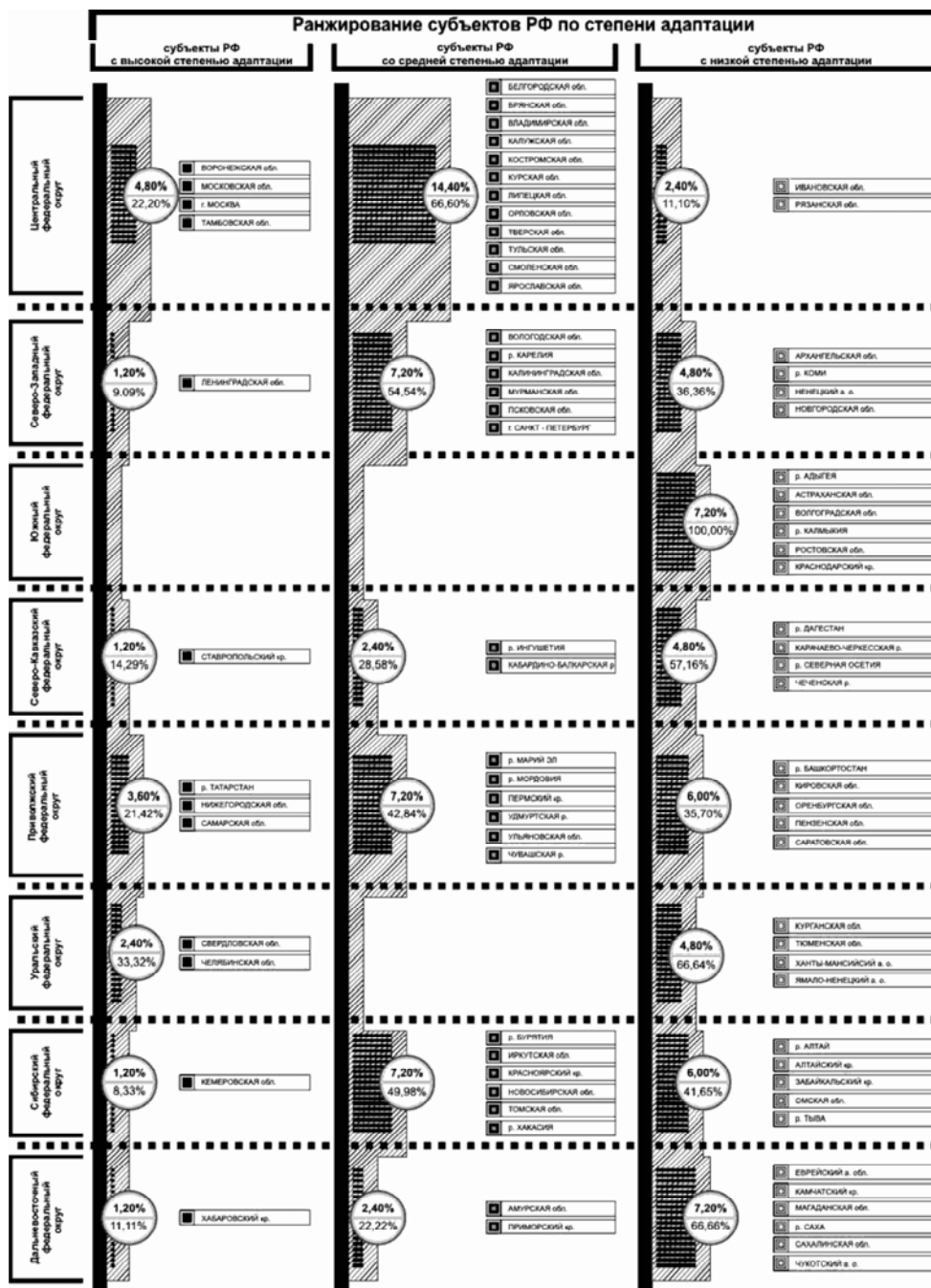


Условные обозначения: процентное отношение количества субъектов РФ с выявленным признаком:

8,40% к общему количеству субъектов РФ на территории Российской Федерации
77,77% к общему количеству субъектов РФ в данном федеральном округе

Принятые сокращения: обл. — область; а. о. — автономный округ; а. обл. — автономная область; кр. — край; р. — республика

Рис. 1. Оценка адаптивности градостроительных систем регионов РФ к социально-экономическим изменениям (по результатам анализа документов планирования социально-экономического развития территорий)



Условные обозначения: процентное отношение количества субъектов РФ с выявленным признаком:



к общему количеству субъектов РФ на территории Российской Федерации
к общему количеству субъектов РФ в данном федеральном округе

Принятые сокращения: обл. — область; а. о. — автономный округ; а. обл. — автономная область; кр. — край; р. — республика

Рис. 2. Оценка адаптивности градостроительных систем регионов РФ к социально-экономическим изменениям (по результатам анализа документов территориального планирования)

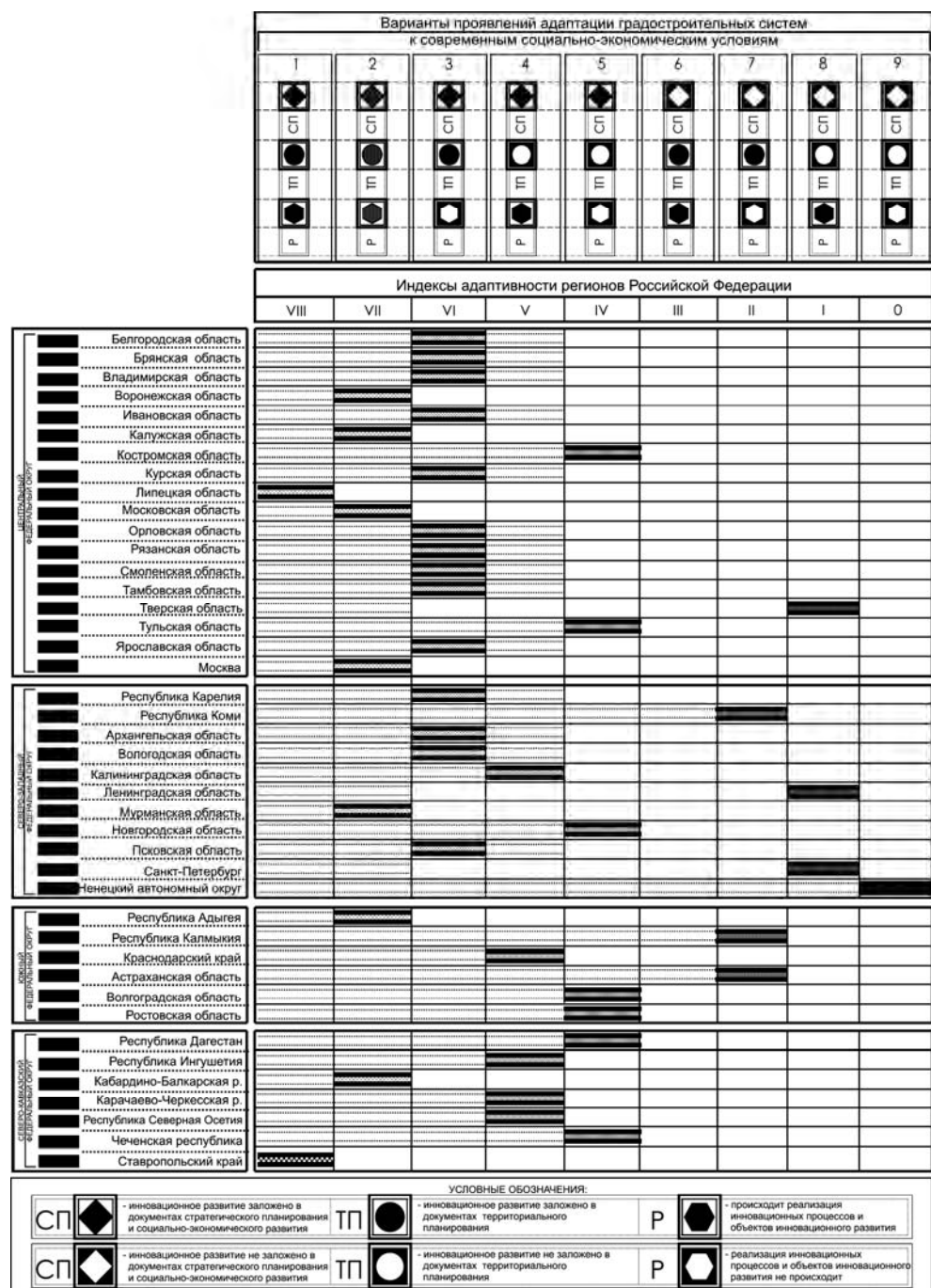


Рис. 3. Характеристика особенностей функционирования градостроительных систем регионов (на основе изучения положений документов планирования социально-экономического развития, территориального планирования и практической реализации приоритетных программ и проектов развития Центрального, Северо-Западного, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов)

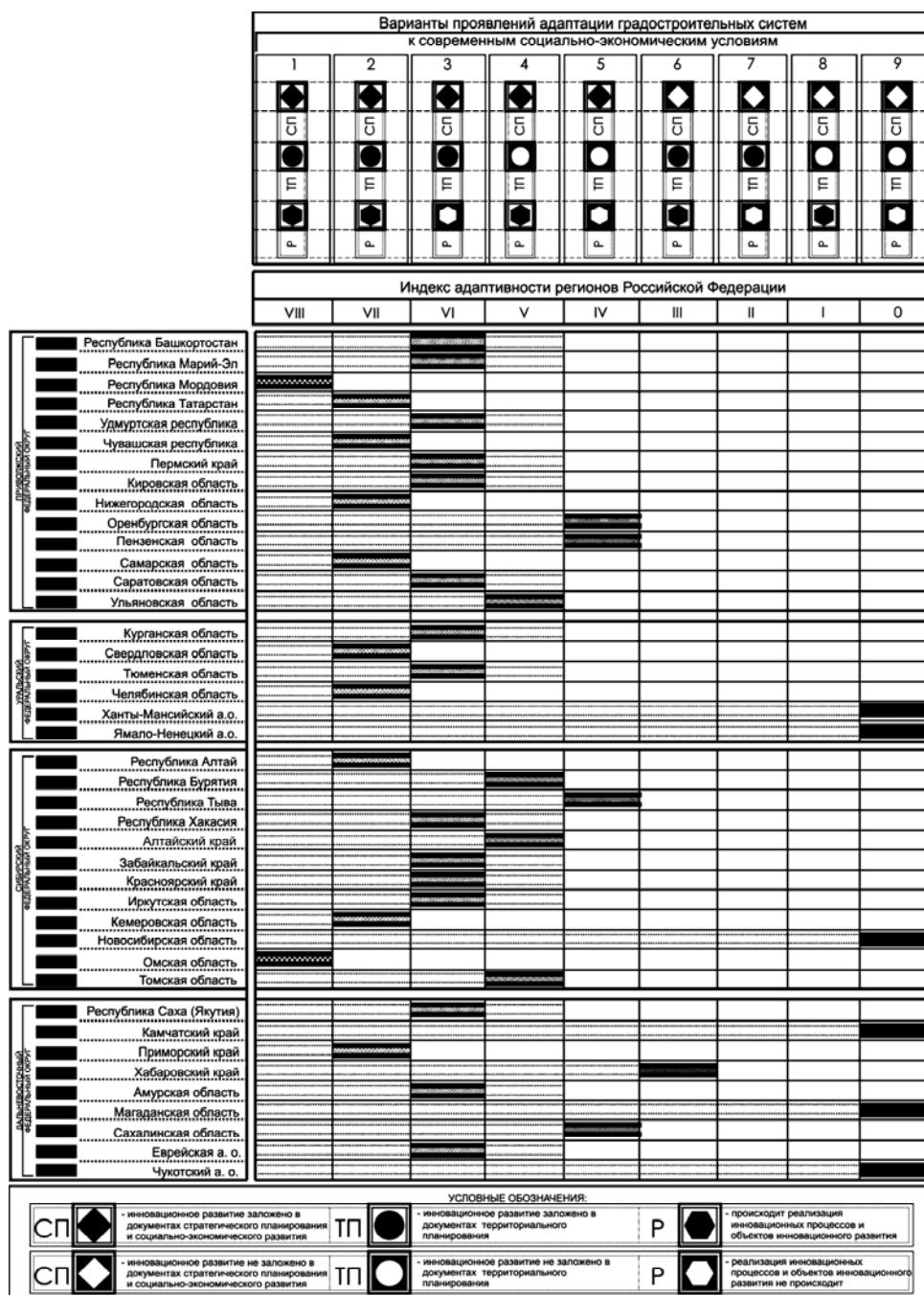


Рис. 4. Характеристика особенностей функционирования градостроительных систем регионов (на основе изучения положений документов планирования социально-экономического развития, территориального планирования и практической реализации приоритетных программ и проектов развития Приволжского, Уральского, Сибирского, Дальневосточного федеральных округов)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ

УДК 699.86

С. В. Корниенко

ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА «ЭНТЕЗА» НА РЕЗУЛЬТАТАХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ КЛАДКИ КЕРАМИЧЕСКИХ БЛОКОВ

Проведено тестирование разработанного автором программно-вычислительного комплекса «ЭНТЕЗА» на результатах экспериментального определения теплопроводности кладки из керамических блоков типа Izotex, полученных в НИИСФ РААСН. Результаты тестирования подтверждают достоверность расчетных данных, что позволяет использовать программно-вычислительный комплекс в проектной практике.

К л ю ч е в ы е с л о в а: программно-вычислительный комплекс, тестирование, керамический блок.

Testing of the ENTEZA programming and computing system developed by the author on the results of experimental determination of heat conductivity of Izotex ceramic block work obtained in NIISPh RAACS is provided. The results of testing prove the reliability of calculated data that allows use the programming and computing system in design practice.

Key words: programming and computing system, testing, ceramic block.

Актуальность проблемы. Проблема энергосбережения и повышения энергоэффективности зданий тесно связана с необходимостью внедрения в современную практику новых строительных материалов и ограждающих конструкций, имеющих высокие теплозащитные свойства, надежность и долговечность. Это требует проведения всесторонних экспериментальных и теоретических исследований теплозащитных свойств ограждающих конструкций и разработки методов расчета, основанных на современных компьютерных технологиях.

Автором разработан программно-вычислительный комплекс «Энергоэффективность и тепловая защита зданий (ЭНТЕЗА)». Программно-вычислительный комплекс «ЭНТЕЗА» состоит из пяти базовых компьютерных программ, с помощью которых решаются следующие основные задачи:

поэлементная оценка теплотехнических свойств ограждающих конструкций, согласно СНиП 23-02—2003 «Тепловая защита зданий», на основе комплексного расчета теплозащитных, воздухоизоляционных и влагозащитных свойств строительных ограждающих конструкций;

автоматизация работы по составлению теплоэнергетического паспорта здания;

расчет нестационарных одно-, двух- и трехмерных температурных полей неоднородных участков ограждающих конструкций для многофакторной оценки нелинейных тепловых процессов различной интенсивности;

расчет температурно-влажностного режима на основе разработанного автором метода расчета совместного нестационарного влаготеплопереноса в трехмерных областях ограждающих конструкций зданий;

расчет энергозатрат на эксплуатацию здания за отопительный период для оценки энергоэффективности зданий, включая затраты на отопление, горячее водоснабжение, электроснабжение.

Более подробное описание программно-вычислительного комплекса «ЭНТЕЗА» приведено в монографии [1].

Все разработанные автором компьютерные программы, включенные в программно-вычислительный комплекс «ЭНТЕЗА», зарегистрированы в Рее-стре программ для ЭВМ Федерального института промышленной собствен-ности.

Объектом исследования является наружная стена в виде кладки из кера-мических блоков типа Izotorex. Керамический блок размером $380 \times 250 \times 219$ мм содержит 12 пустот размером 98×47 мм, заполненных минераловатными вкладышами (рис. 1).

Для указанной конструкции выполнен расчет приведенного сопротивления теплопередаче и теплопроводности по компью-терной программе «НТП» [2] в установившихся условиях теп-лопередачи. Рассмотрены вари-анты расчета при различной теп-лопроводности керамической основы блока и минераловатного вкладыша (табл. 1).

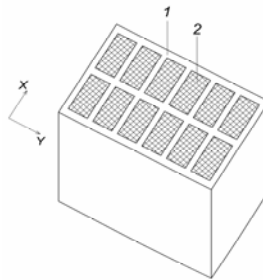


Рис. 1. Схема керамического блока: 1 — керамическая основа блока; 2 — минераловатный вкладыш

Таблица 1

*Теплопроводность керамической основы блока
и минераловатного вкладыша по вариантам расчета*

Вариант расчета	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	
	керамической основы блока	минераловатного вкладыша
1	0,7	0,04
2	0,5	0,04
3	0,7	0,03
4	0,5	0,03

Температура внутреннего воздуха $t_{int} = 20$ °С, температура наружного воздуха $t_{ext} = -20$ °С. Коэффициент теплообмена внутренней поверхности кладки $\alpha_{si} = 8,7$ Вт/(м²·°С), наружной поверхности — $\alpha_{se} = 23$ Вт/(м²·°С).

Результаты расчета. На основе численного моделирования выполнен расчет температурного поля указанного керамического блока. В качестве примера на рис. 2 приведены результаты расчета по варианту 1.

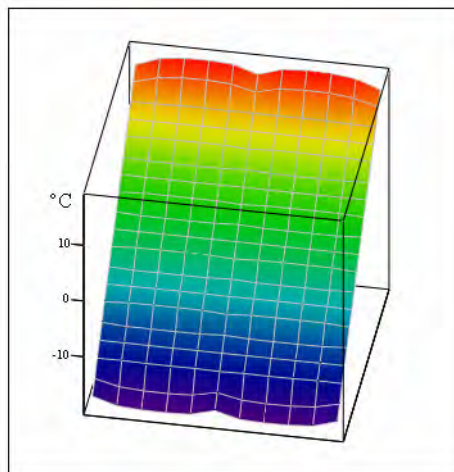


Рис. 2. Температурное поле в горизонтальном сечении керамического блока по варианту 1

Анализ полученных результатов показывает, что однородность температурного поля в горизонтальном сечении керамического блока нарушается вследствие различной теплопроводности материалов, составляющих блок. Незначительное понижение температуры на внутренней поверхности блока отмечается в зоне ребер керамической основы блока.

По результатам расчета температурного поля определена средняя температура внутренней поверхности блока t_{si}^{av} (по площади 250×219 мм) и вычислена плотность теплового потока q , Вт/м², проходящего через керамический блок, по формуле

$$q = \alpha_{si} (t_{si} - t_{si}^{av}).$$

Приведенное сопротивление теплопередаче керамического блока R_{red} , м²·°С/Вт, определяется по формуле

$$R_{red} = \frac{t_{int} - t_{ext}}{q}.$$

Теплопроводность керамического блока λ , Вт/(м·°С), определяется по формуле

$$\lambda = \frac{L}{R_{red} - \left(\frac{1}{\alpha_{si}} + \frac{1}{\alpha_{se}} \right)},$$

где L — длина блока ($L = 0,38$ м).

Результаты расчета теплофизических характеристик керамического блока приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Теплофизические характеристики керамического блока по результатам расчета

Наименование показателя	Обозначение, ед. изм.	Значение показателя по вариантам расчета			
		1	2	3	4
Средняя температура внутренней поверхности	$t_{si}^{av}, ^\circ\text{C}$	17,6	18,0	17,7	18,1
Плотность теплового потока	$q, \text{Вт/м}^2$	20,9	17,4	20,0	16,5
Приведенное сопротивление теплопередаче	$R_{red}, \text{м}^2\cdot^\circ\text{C/Вт}$	1,91	2,30	2,00	2,42
Теплопроводность	$\lambda, \text{Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$	0,22	0,18	0,21	0,17

Анализ данных табл. 2 показывает, что теплопроводность керамического блока меняется от 0,17 до 0,22 Вт/(м·°C) и зависит от теплопроводности керамической основы блока и минераловатного вкладыша. Керамическая основа блока оказывает большее влияние, по сравнению с минераловатными вкладышами, на теплопроводность блока. Наилучшим, с точки зрения теплозащиты, является керамический блок по варианту 4.

Экспериментальное значение теплопроводности кладки керамических блоков Izotex при тех же условиях, по данным НИИСФ РААСН [3], равно 0,19 Вт/(м·°C).

Сравнение расчетных и экспериментальных значений теплопроводности показывает их хорошее согласование.

По результатам проведенных исследований можно сформулировать следующие выводы:

1. На основе численного моделирования температурного режима керамического блока типа Izotex установлено, что теплопроводность керамического блока в кладке наружных стен зависит от теплопроводности керамической основы блока и минераловатного вкладыша. Керамическая основа блока оказывает большее влияние на его теплопроводность. Установленный факт открывает возможность для повышения теплозащиты наружных стен из керамических блоков.

2. Результаты тестирования программно-вычислительного комплекса «ЭНТЕЗА» на экспериментальных данных НИИСФ РААСН подтверждают достоверность расчетных данных, что позволяет использовать программно-вычислительный комплекс в проектной практике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корниенко С. В. Повышение энергоэффективности зданий за счет снижения теплопотерь в краевых зонах ограждающих конструкций. Волгоград : ВолгГАСУ, 2011. 108 с.
2. Корниенко С. В. Нестационарное температурное поле (НТП) : свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2004610522 от 24.02.2004.
3. Шубин И. Л., Ананьев А. И. Теплозащитные свойства и воздухопроницаемость керамических блоков «Изотерекс» в кладке стены // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 3. С. 57—59.

1. Kornienko S. V. Povyshenie energoeffektivnosti zdaniy za schet snizheniya teplopoter' v kraevykh zonakh ograzhdayushchikh konstruksiy. Volgograd : VolGASU, 2011. 108 s.
2. Kornienko S. V. Nestatsionarnoe temperaturnoe pole (NTP): svidetel'stvo ob ofitsial'noy registratsii programmy dlya EVM № 2004610522 ot 24.02.2004.
3. Shubin I. L., Anan'ev A. I. Teplozashchitnye svoystva i vozdukhopronitsaemost' keramicheskikh blokov «Izotereks» v kladke steny // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2013. № 3. S. 57—59.

© Корниенко С. В., 2013

*Поступила в редакцию
в мае 2013 г.*

Ссылка для цитирования:

Корниенко С. В. Тестирование программно-вычислительного комплекса «Энтеза» на результатах экспериментального определения теплопроводности кладки керамических блоков // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 254—258.

УДК 632.125:910.1:531.3

А. Н. Салугин**УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Разработан алгоритм распространения вектора автономного импульса при моделировании сложных систем. Исследуется нелинейная система, модель которой представлена знаковым взвешенным ориентированным графом. Решается оптимизационная задача по определению весов дуг, соответствующих устойчивому состоянию системы.

К л ю ч е в ы е с л о в а: автономный импульсный процесс, знаковый орграф, математическое моделирование, оптимизационная задача, сложные системы.

The algorithm of the extension of autonomous impulse vector when modeling complex systems is worked out. The author has studied non-linear system, the model of which is represented by sign weighted directed graph. Optimization problem concerning the determination of the arc weight corresponding to the system stable state is solved.

К е y w o r d s: autonomous impulse process, sign directed graph, mathematical modeling, optimization task, complex systems.

Импульсные процессы используются в дискретной математике для описания динамики распространения внешних возмущений внутри сложных систем, представленных в виде знакового ориентированного графа. В [1] импульсные процессы использовались в различных по содержанию и сложности моделях автоматизированного обучения студентов. Подобные модели позволили осуществить интеллектуализацию процесса автоматизированного обучения.

Автор [2] предлагает и обосновывает аналогичный подход к анализу динамических процессов в социально-экономических системах. В качестве примера приводится оценка возможных результатов экономической реформы в России.

В [3] в качестве примера автономного импульсного процесса рассматривается модель демографической ситуации в РФ и проводится анализ демографического кризиса и путей его преодоления.

Кратко остановимся на идее Ф. С. Робертса [4]. Пусть дана система, на некотором множестве влияющих друг на друга вершин V_i ($i = 1...n$) (рис. 1). Влияние описывается дугами графа, а весом дуги — интенсивность действия вершин друг на друга. Если вес дуги положительный, то влияние прямое (или позитивное), если отрицательный, — обратное (негативное).

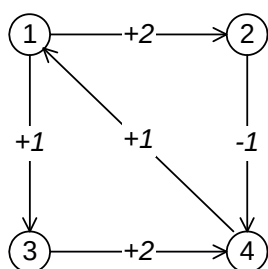


Рис. 1. Система взаимосвязанных вершин в графовом представлении. Система находится в начальном состоянии $V(n) = (0\ 0\ 0\ 0)$ и $P(0) = (1\ 0\ 0\ 0)$

Пусть в исходном состоянии вес вершин графа равен некоторым значениям, которые заданы вектором начального состояния $V(n)$. В нашем примере это вектор нулевой ($V_i(n) = 0$). Пусть вследствие некоторого внешнего

действия в i -й вершине возник импульс. Этот импульс (назовем его начальным) описывается вектором $P(0)$ (0 — это индекс состояния, в которое перейдет система после воздействия импульса). В нашем примере импульс возник в первой вершине с вектором начального импульса: $P(0) = (1\ 0\ 0\ 0)$ (рис. 1).

После воздействия начального импульса система перейдет в нулевое состояние $V(0)$ (рис. 2, а) по схеме орграфа, который описывает взаимное влияние. На следующей итерации система перейдет в состояние $V(1)$. Значения в вершинах изменяются (рис. 2, б) и т. д.

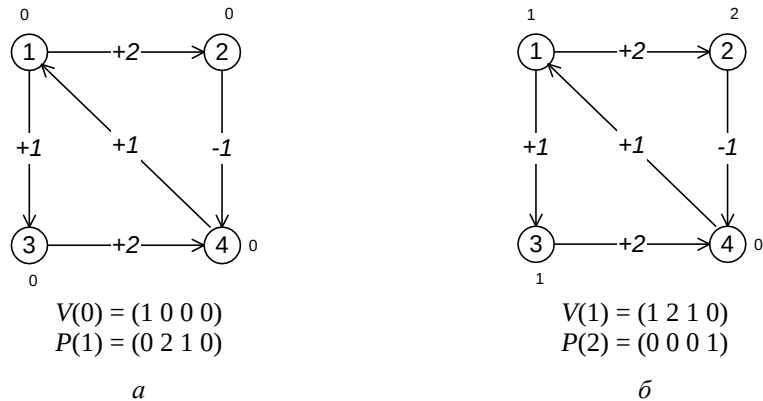


Рис. 2. Состояния вершин графа в моменты времени: а — $t = 0$ и б — $t = 1$. На первом временном интервале импульс из первой вершины распространился во вторую, которая получит его с весовым коэффициентом 2 и третью с единичным весом дуги (1, 3)

Состояние вершин орграфа в любой момент времени определяется так:

$$V(t) = V(n) + \left(\sum_{i=0}^t A^i \right)^T P(0), \quad (1)$$

где A — матрица смежности орграфа.

Таким образом, для того чтобы определить состояние системы в любой момент времени достаточно знать начальное состояние системы и начальный импульс внешнего воздействия. Вектор импульса определяется как разность векторов конечного и предыдущего состояний: $P(t) = V(t) - V(t-1)$. Импульсный процесс, описываемый формулой (1), может быть устойчивым и неустойчивым. Неустойчивый характеризуется возрастающими колебаниями весов вершин или неограниченным увеличением (уменьшением) этих величин в процессе функционирования системы. Устойчивый процесс характеризуется их асимптотическим приближением к некоторым фиксированным значениям.

В [4] доказано, что импульсный процесс является устойчивым тогда, когда каждое собственное значение матрицы смежности орграфа по абсолютной величине не превосходит единицы.

Пусть оптимизируемый орграф задан матрицей смежности A размером $n \times n$ с вектором весов дуг $X = (x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_m)$. Кроме варьируемых x_k в матрице смежности орграфа могут присутствовать и фиксированные веса — это либо нулевые (веса несуществующих дуг), либо те, изменение кото-

рых не предполагается. На вес варьируемой дуги при оптимизации накладывается ограничение $X_k = [L_k, U_k]$, где L_k, U_k — нижние и верхние границы поиска. Собственные значения матрицы смежности орграфа записываются в виде вектора $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_i, \dots, \lambda_n)$, а функция цели

$$f(X) = \max(|\lambda_1|, |\lambda_2|, \dots, |\lambda_i|, \dots, |\lambda_n|). \quad (2)$$

Для разработки и реализации программы были использованы классы с методами матричных операций, вычисления весов вершин, векторов импульсов и оптимизация весов дуг орграфа. Для работы алгоритма использовались исходные данные в виде матрицы смежности модели, векторов начального состояния вершин, стартового импульса и времени симуляции.

На выходе формируется двумерный массив, в строках которого хранятся векторы состояний вершин в различные моменты времени.

В виде блок-схемы работа алгоритма представлена на рис. 3. Под присоединением вектора к матрице понимается добавление вектора к матрице в качестве новой строки.

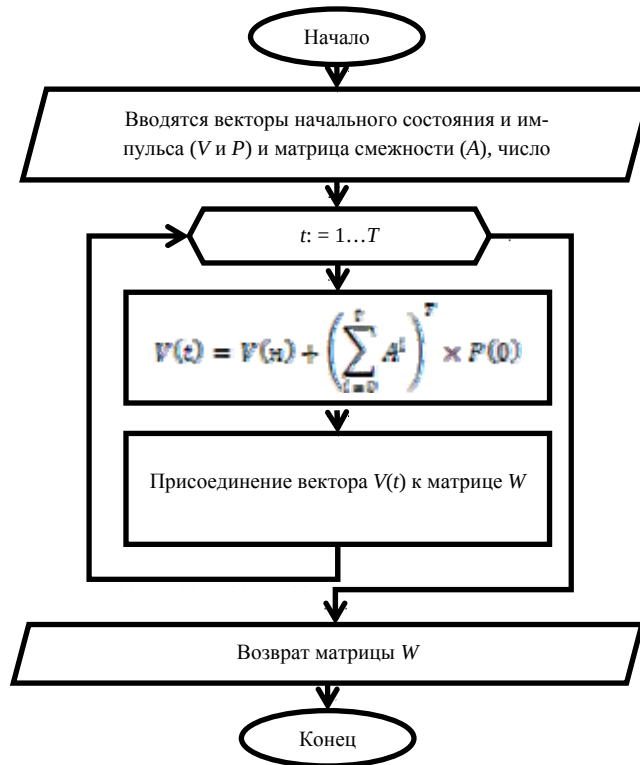


Рис. 3. Блок-схема алгоритма симуляции импульсного процесса

В основу оптимизации целевой функции (2) положен метод Монте-Карло, выбор которого был обусловлен соображениями удобства для пользователя при работе с программой: для поиска оптимального решения достаточно ориентировочно указать лишь область, где следует искать оптимальные параметры модели.

При нахождении оптимальных значений весов дуг классический метод Монте-Карло был изменен. Для уменьшения вычислительных затрат весь процесс оптимизации разделен на этапы с последовательным уменьшением области поиска. Координаты случайных точек на каждой итерации вычислялись с новым коэффициентом области поиска.

После того как на текущей итерации получен вектор переменных, вычисляются собственные значения матрицы смежности с весами дуг, соответствующих компонентам этого вектора, и проверяется, не превосходят ли они по абсолютной величине единицу. Если нет, то ищется минимальное по модулю. Это минимальное собственное значение матрицы сравнивается с предыдущим результатом и если оно меньше, то ранее полученное минимальное обновляется текущим, а оптимальной объявляется текущая матрица смежности. Процесс повторяется заданное число раз, если оптимальная матрица не получена, то выводится сообщение об ошибке. Для ее устранения при первом приближении достаточно увеличить число итераций процесса оптимизации.

В качестве примера рассмотрим энергетическую систему, упрощенно описываемую графом, изображенном на рис. 4.

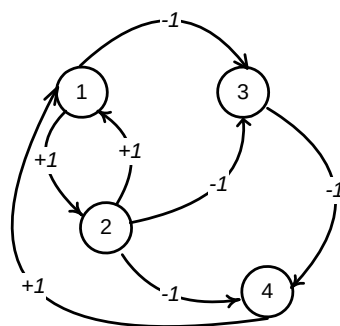


Рис. 4. Пример энергосистемы региона: 1 — плотность населения; 2 — энергетические мощности; 3 — состояние окружающей среды; 4 — стоимость энергии

Исходные данные: вектор начального состояния $V(n) = (0 \ 0 \ 0 \ 0)$; вектор начального импульса $P(0) = (0 \ 1 \ 0 \ 0)$; матрица смежности

$$A := \begin{pmatrix} 0 & 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Значения дуг определяют взаимное влияние вершин и задавались из модельных представлений эксперта по региону. Например, вершина № 1 (V1) связана со всеми остальными, а ее непосредственное влияние — на вершины № 3 и № 2. При этом знак дуги (1, 3) отрицательный, так как плотность населения не улучшает состояние окружающей среды.

Внесем в систему внешний импульс, увеличив энергетические мощности, и рассмотрим состояние системы в течении первых 12 временных интервалов (рис. 5). Из рисунка видно, что в вершинах происходит накопление импульсов и их содержимое монотонно возрастает. Такое состояние системы не является устойчивым, а исходная модель адекватной. Это происходит потому, что значения весов дуг были выбраны из качественных предпосылок связей и количественно не соответствуют действительности. С помощью программы оптимизации подбор этих весов реально возможен.

Попробуем оптимизировать систему, задав интервалы изменения весов дуг орграфа: $X_k = [L_k, U_k]$, в пределах $[0, \pm 1]$ $X_1 = [0, 1]$, $X_2 = [-1, 0]$, $X_3 = [0, 1]$, $X_4 = [-1, 0]$, $X_5 = [-1, 0]$, $X_6 = [-1, 0]$, $X_7 = [0, 1]$.

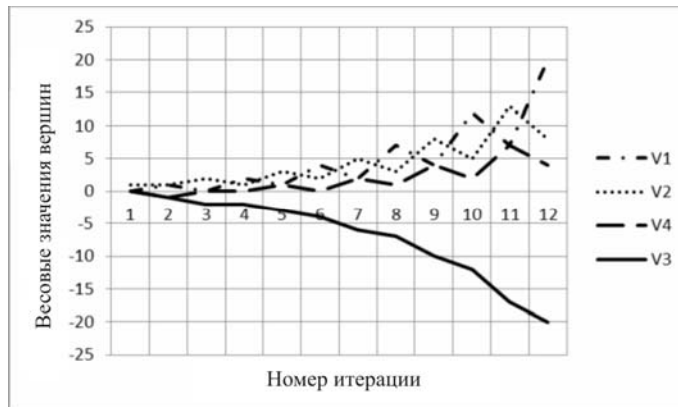


Рис. 5. График изменения значений вершин орграфа

Результаты оптимизации приведены на рис. 6 и 7, из которых явствует переход системы в стабильное состояние через несколько начальных этапов функционирования. Получена энергетическая система с весами дуг орграфа, стремящих значения вершин к некоторому постоянному значению (рис. 7), на основании чего можно сделать вывод об устойчивом функционировании системы.

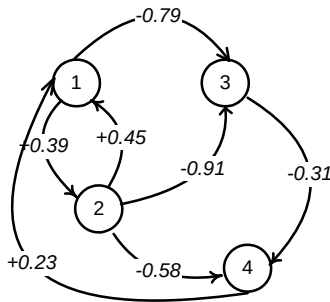


Рис. 6. Оптимизированная энергосистема региона. Исходные данные: $V(n) = (0 \ 0 \ 0 \ 0)$; $P(0) = (0 \ 1 \ 0 \ 0)$; матрица смежности полученная после оптимизации

$$A := \begin{pmatrix} 0 & 0,39 & -0,79 & 0 \\ 0,45 & 0 & -0,91 & -0,58 \\ 0 & 0 & 0 & -0,31 \\ 0,23 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Значения в вершинах выходят на «плато» после 4-, 5-й итераций, свидетельствуя об установившихся процессах эволюции системы. Оптимальные значения дуг могут служить руководством к действию при управлении регионом. Эти результаты могут быть иными, если, например, ограничить антропогенное влияние на внешнюю среду или изменить пределы для плотности населения. Программа оптимизации и составленная графовая модель системы с открытыми границами позволяют принимать рациональные решения в управлении этой системой. Особенно это важно для слабоизученных сложных систем в экологии. Нелинейное поведение экосистем, связанное с обменом энергии, биомассы и информации, трудно формализовать для моделирования с помощью дифференциальных уравнений. Стохастический характер взаимных связей и динамический хаос, сопровождающие эволюции природных систем, требуют новых методик и методологии в целом при их исследовании. Знаковые взвешенные орграфы стимулируют разработку математических моделей на их основе при решении проблем оптимального управления сложными системами.

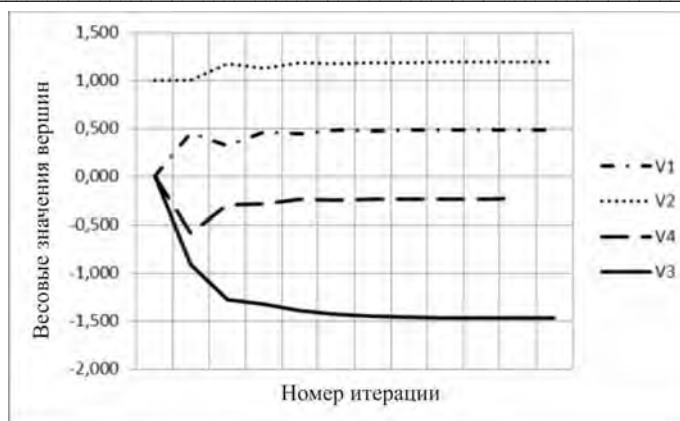


Рис. 7. Накопление значений в вершинах для оптимизированной энергетической системы

Полученные результаты, на наш взгляд, являются новыми приложениями графовых математических моделей в задачах поиска устойчивого развития сложных диссипативных систем. Приведенный в статье пример является скорее демонстрацией, чем конкретным применением. Однако из него следует, что автономные импульсные процессы адекватно отражают эволюцию систем в знаковых орграфах с взвешенными дугами. Их применение особенно эффективно в многомерных оптимизационных задачах, когда ищется экстремум целевой функции от нескольких переменных в виде вектора собственных значений матрицы смежности графовой модели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соловов А. В., Меньшиков А. А. Дискретные математические модели в исследовании процессов автоматизированного обучения // Информационные технологии. 2001. № 12. С. 32—36.
2. Кононов Д. А., Кульба В. В. Формирование сценариев развития макроэкономических процессов на базе использования языка знаковых графов. Моделирование экономической динамики: риск, оптимизация, прогнозирование. М. : МГУ, 1997. С. 7—33.
3. Гинис Л. А. Моделирование развития демографической ситуации на орграфах // Фундаментальные исследования. 2006. № 6. С. 73—74.
4. Робертс Ф. С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам : пер. с англ. М. : Наука, 1986. 496 с.
1. Solovov A. V., Men'shikov A. A. Diskretnye matematicheskie modeli v issledovanii protsessov avtomatizirovannogo obucheniya // Informatsionnye tekhnologii. 2001. № 12. S. 32—36.
2. Kononov D. A., Kul'ba V. V. Formirovanie stsensariy razvitiya makroekonomicheskikh protsessov na baze ispol'zovaniya yazyka znakovykh grafov. Modelirovanie ekonomicheskoy dinamiki: risk, optimizatsiya, prognozirovanie. M. : MGU, 1997. S. 7—33.
3. Ginis L. A. Modelirovanie razvitiya demograficheskoy situatsii na orgrafakh // Fundamental'nye issledovaniya. 2006. № 6. S. 73—74.
4. Roberts F. S. Diskretnye matematicheskie modeli s prilozheniyami k sotsial'nym, biologicheskim i ekologicheskim zadacham : per. s angl. M. : Nauka, 1986. 496 s.

© Салугин А. Н., 2013

Поступила в редакцию
в мае 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Салугин А. Н. Устойчивость систем с точки зрения импульсных процессов // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 33(52). С. 259—264.

НАШИ АВТОРЫ

Ажигитова Эльвира Ринатовна
Akzhigitova Elvira Rinatovna

аспирантка кафедры стандартизации, сертификации и аудита качества, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, marat999192@mail.ru

Акчурин Талгат Кадимович
Akchurin Talgat Kadimovich

Post-graduate student of Standardization, Certification and Quality Audit Department, Penza State University of Architecture and Construction
канд. техн. наук, проф., зав. кафедрой строительных материалов и специальных технологий, ВолгГАСУ

Антофеев Алексей Владимирович
Antyufeev Aleksey Vladimirovich

Candidate of Engineering Science, Professor, the Head of Construction Materials and Special Technologies Department, VSUACE

Благова Марианна Викторовна
Blagova Marianna Viktorovna

канд. арх., проф., член-кор. Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН), зав. кафедрой градостроительства, ВолгГАСУ, (8442)96-98-10, antyufeev_a@mail.ru

Богомолов Александр Николаевич
Bogomolov Aleksandr Nikolaevich

Candidate of Architecture, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAACS), Head of the Urban Development Department, VSUACE

Богомолова Оксана Александровна
Bogomolova Oksana Aleksandrovna

ассистентка кафедры архитектуры общественных и жилых зданий, Южный Федеральный университет
Assistant of Architecture of Municipal and Residential Buildings Department, Southern Federal University

Бурба Иван Владимирович
Burba Ivan Vladimirovich
Власова Оксана Сергеевна
Vlasova Oksana Sergeevna

д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой гидротехнических и земляных сооружений, проректор по научной работе, ВолгГАСУ; проф. кафедры технологии строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, banzaritcyn@mail.ru

Войтов Евгений Леонидович
Voytov Evgeniy Leonidovich

Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Hydraulic and Earthwork Structures Department, Vice-Rector for Scientific Research, VSUACE; Professor of Technology of Construction Operations and Geotechnics Department, Perm National Research Polytechnical University

Воробьев Владимир Иванович
Vorobev Vladimir Ivanovich

канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной математики и вычислительной техники, ВолгГАСУ

Денисенко Елена Владимировна
Denisenko Elena Vladimirovna

Candidate of Engineering Science, Docent of Application Mathematics and Computer Science Department, VSUACE

Донцов Дмитрий Георгиевич
Dontsov Dmitry Georgievich

ВолгГАСУ, Fireproof@mail.ru
VSUACE

Дюпин Андрей Владимирович
Dyupin Andrey Vladimirovich

канд. техн. наук, доц. кафедры пожарной безопасности и защиты в чрезвычайных ситуациях, ВолгГАСУ, vlasova-oksana@mail.ru
Candidate of Engineering Science, Docent of Fire Safety and Protection in Emergency Situations Department, VSUACE

Жатикова Мария Сергеевна
Zhatikova Mariya Sergeevna
Желтобрюхов Владимир Федорович
Zheltoব্যukhov Vladimir Fedorovich

д-р техн. наук, доц., проф. кафедры водоснабжения и водоотведения, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), voitovel@ya.ru

Жога Лев Викторович
Zhoga Lev Viktorovich

Doctor of Engineering Science, Docent, Professor of Water Supply and Water Disposal Department, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering

Злобин Владимир Николаевич
Zlobin Vladimir Nikolaevich

канд. техн. наук, доц., проф. кафедры экологического строительства и городского хозяйства, ВолгГАСУ, vorobiov_51_vi@list.ru

Золина Татьяна Владимировна
Zolina Tatyana Vladimirovna

Candidate of Engineering Science, Docent, Professor of Environmental Engineering and Urban Economy Department, VSUACE

аспирантка кафедры теории и истории архитектуры, Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ), e.v.denisenko@bk.ru

Post-graduate student of Theory and History of Architecture Department, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering

д-р арх., проф., зав. кафедрой архитектуры жилых и общественных зданий, ВолгГАСУ

Doctor of Architecture, the Head of Architecture of Municipal and Residential Buildings Department, VSUACE

аспирант кафедры теплоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования, Ижевский государственный технический университет им. М. Т. Калашникова, dyupin@mail.ru

Post-graduate student of Heat Supply, Heating, Ventilation and Coordination Department, Izhevsk State Technical University named after M. T. Kalashnikov

аспирантка кафедры градостроительства, ВолгГАСУ, mzhatikova@mail.ru

Post-graduate student of Urban Development Department, VSUACE

д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ), z_vl_fm@mail.ru

Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Industrial Ecology and Life Safety Department, Volgograd State Technical University (VSTU)

д-р физ.-мат. наук, доц., проф. кафедры физики, ВолгГАСУ, levioga@mail.ru

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Docent, Professor of Physics Department, VSUACE

канд. техн. наук, доц., доц. кафедры энергоснабжения и теплотехники, ВолгГАСУ, vzlobin@vandex.ru

Candidate of Engineering Science, Docent, Docent of Power Supply and Heat Engineering Department, VSUACE

канд. техн. наук, проф., первый проректор, Астраханский инженерно-строительный институт, zolinatv@vandex.ru

Candidate of Engineering Science, Professor, Prime Provost, Astrakhan Institute of Engineering and Construction

Иванов Антон Андреевич Ivanov Anton Andreevich	аспирант кафедры прикладной математики и вычислительной техники, ВолгГАСУ Post-graduate student of Application Mathematics and Computer Science Department, VSUACE
Карпов Андрей Викторович Karpov Andrey Viktorovich	начальник отдела экологии, ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка», kav1975@mail.ru Head of the Ecological Department, "Volgogradneftepererabotka", Ltd.
Клименти Николай Юрьевич Klimenti Nikolay Yurevich	доц. кафедры пожарной безопасности и защиты в чрезвычайных ситуациях, ВолгГАСУ Docent of Fire Safety and Protection in Emergency Situations Department, VSUACE
Ковылин Андрей Васильевич Kovylin Andrey Vasilevich	канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры энергоснабжения и теплотехники, ВолгГАСУ Candidate of Engineering Science, Senior Professor of Power Supply and Heat Engineering Department, VSUACE
Колодницкая Наталья Владимировна Kolodnitskaya Natalya Vladimirovna	канд. техн. наук, начальник отдела научных исследований, Экологическая академия, knv-volg@mail.ru Candidate of Engineering Science, the Head of Scientific Research Department, Ecological Academy
Коренева Вера Викторовна Koreneva Vera Viktorovna	аспирантка кафедры физики, ВолгГАСУ Post-graduate student of Physics Department, VSUACE
Корепанов Евгений Витальевич Korepanov Evgeniy Vitalevich	канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой теплоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования, Ижевский государственный технический университет им. М. Т. Калашникова, tobuk@istu.ru Candidate of Engineering Science, Docent, the Head of Heat Supply, Heating, Ventilation and Coordination Department, Izhevsk State Technical University named after M. T. Kalashnikov
Корниенко Сергей Валерьевич Kornienko Sergey Valerevich	канд. техн. наук, доцент, ВолгГАСУ Candidate of Engineering Science, Docent, VSUACE
Кязымов Фузули Агабабаевич Kyzymov Fuzuli Agababaeovich	инженер-технолог, ОАО «Красный Октябрь» production engineer, "Krasny Oktyabr" Ltd.
Логанина Валентина Ивановна Loganina Valentina Ivanovna	д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой стандартизации, сертификации и аудита качества, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Standardization, Certification and Audit of Quality Department, Penza State University of Architecture and Civil Engineering
Луканин Денис Викторович Lukanin Denis Viktorovich	ВолгГАСУ, delu@list.ru VSUACE
Любченко Анна Степановна Lyubchenko Anna Stepanovna	канд. техн. наук, доц. кафедры изысканий и проектирования транспортных сооружений, ВолгГАСУ, lubchenko_ann@mail.ru Candidate of Engineering Science, Docent of Research and Design of Transport Constructions Department, VSUACE
Масленникова Диана Сергеевна Maslennikova Diana Sergeevna	канд. арх., доц., Тихоокеанский государственный университет, diana_masl@mail.ru Candidate of Architecture, Docent, Pacific State University, diana_masl@mail.ru
Масляев Александр Викторович Maslyayev Aleksandr Viktorovich	канд. техн. наук, эксперт ГУ РИНКЦЭ по сейсмологии и сейсмостойкому строительству, Научно-исследовательская сейсмологическая лаборатория, ВолгГАСУ Candidate of Engineering Science, Expert of GA RRSCCE on Seismology and Antiseismic Construction, R&D Seismological Laboratory, VSUACE
Молчанов Виктор Михайлович Molchanov Viktor Mikhaylovich	канд. арх., проф., зав. кафедрой архитектуры общественных и жилых зданий, Южный Федеральный университет, vimolchanov@yandex.ru Candidate of Architecture, Professor, the Head of Architecture of Municipal and Residential Buildings Department, Southern Federal University
Муравьева Людмила Викторовна Muraveva Lyudmila Viktorovna	канд. техн. наук, доц. кафедры строительных конструкций, оснований и надежности сооружений, ВолгГАСУ Candidate of Engineering Science, Docent of Building Constructions, Basis and Reliability of Constructions Department, VSUACE
Нестеров Владимир Николаевич Nesterov Vladimir Nikolaevich	канд. физ.-мат. наук, доц. кафедры физики, ВолгГАСУ Candidate of Physics and Mathematics, Docent at Department of Physics, VSUACE
Николенко Максим Александрович Nikolenko Maksim Aleksandrovich	канд. техн. наук, доц. кафедры автомобильных дорог, Ростовский государственный архитектурно-строительный университет Candidate of Engineering Science, Docent of Automobile Roads Department, Rostov State University of Architecture and Civil Engineering
Осипов Василий Михайлович Osipov Vasily Mikhaylovich	д-р техн. наук, заместитель главного инженера по экологии, охране труда и технике безопасности, МУП "ДРСУ № 1", osipovvm@mail.ru Doctor of Engineering Science, Deputy Chief Engineer for Ecology, Occupational Safety and Safety Procedures, MUE "Maintenance depot № 1"
Перфилов Владимир Александрович Perfilov Vladimir Aleksandrovich	д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой морских нефтегазовых сооружений, ВолгГАСУ Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Sea Oil and Gas Constructions Department, VSUACE
Пиунов Евгений Моисеевич Piunov Evgeniy Moiseevich	канд. техн. наук, доц., доц. кафедры технологии строительного производства, ВолгГАСУ, Piunov_em@yandex.ru Candidate of Engineering Science, Docent, Docent of Construction Technology Department, VSUACE
Поляков Илья Владимирович Polyakov Ilya Vladimirovich	аспирант кафедры инженерной графики, стандартизации и метрологии, ВолгГАСУ Post-graduate student of Engineering Graphics, Standardization and Metrology Department, VSUACE

Попов Павел Владимирович Popov Pavel Vladimirovich	канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной математики и информатики, Волжский гуманитарный институт (филиал Волгоградского государственного университета) Candidate of Engineering Science, Docent of Applied Mathematic and Informatics Department, Volzhskiy Humanitarian Institute (affiliate Volgograd State University)
Потапов Александр Александрович Potapov Aleksandr Aleksandrovich	аспирант кафедры строительных материалов и специальных технологий, ВолгГАСУ Post-graduate student of Construction Materials and Special Technologies Department, VSUACE
Птичникова Галина Александровна Ptichnikova Galina Aleksandrovna	д-р арх., проф., проф. кафедры градостроительства, ВолгГАСУ, ptichnikova_g@mail.ru, (8442)-96-98-10 Doctor of Architecture, Professor, Professor of Urban Development Department, VSUACE
Садчиков Павел Николаевич Sadchikov Pavel Nikolaevich	канд. техн. наук, доц. кафедры высшей математики и информационных технологий, Астраханский инженерно-строительный институт, pn_sadchikov@mail.ru Candidate of Engineering Science, Docent of Higher Mathematics and Information Technology Department, Astrakhan Institute of Engineering and Construction
Салугин Александр Николаевич Salugin Aleksandr Nikolaevich	канд. физ.-мат. наук, д-р с.-х. наук, доц., проф. кафедры информационного сервиса, Российский государственный университет туризма и сервиса, saluginan@mail.ru Candidate of Physics and Mathematics, Doctor of Agricultural Science, Docent, Professor of Informational Service Department, Russian State University of Tourism and Service
Сколубович Юрий Леонидович Skolubovich Yuriy Leonidovich	д-р техн. наук, проф., ректор, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), skolubovich@sibstrin.ru Doctor of Engineering Science, Professor, Provost, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering
Соловьев Александр Владимирович Solovev Aleksandr Vladimirovich	канд. техн. наук, доц., Тюменский государственный архитектурно-строительный университет Candidate of Engineering Science, Docent, Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering
Стяжин Владимир Николаевич Styazhin Vladimir Nikolaevich	канд. техн. наук, доц., доц. кафедры прикладной математики, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ) Candidate of Engineering Science, Docent, Docent of Application Mathematics Department, Volgograd State Technical University (VSTU)
Субботин Олег Степанович Subbotin Oleg Stepanovich	заслуженный архитектор Кубани, почетный архитектор России, канд. арх., проф. кафедры архитектуры, Кубанский государственный аграрный университет, 350044, Краснодар, ул. Калинина, 13 Honoured Architect of Kuban, Honoured Architect of Russia, Candidate of Architecture, Professor of Architecture Department, Kuban State Agricultural University
Таранов Валерий Федорович Taranov Valeriy Fedorovich	технический директор, ООО «Термалком» engineering director, "Termalkom" LLC
Тарасов Роман Викторович Tarasov Roman Viktorovich	канд. техн. наук, доц., декан технологического факультета, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства Candidate of Engineering Science, Docent, Dean of Technological Faculty, Penza State University of Architecture and Civil Engineering
Тухарели Владислав Дмитриевич Tukhareli Vladislav Dimitrievich	аспирант кафедры строительных материалов и специальных технологий, ВолгГАСУ Post-graduate student of Construction Materials and Special Technologies Department, VSUACE
Фокин Владимир Михайлович Fokin Vladimir Mikhaylovich	д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой энергоснабжения и теплотехники, ВолгГАСУ Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Power Supply and Heat Engineering Department, VSUACE
Харланова Светлана Владимировна Kharlanova Svetlana Vladimirovna	старший преподаватель кафедры прикладной математики и вычислительной техники, ВолгГАСУ senior lecturer of Application Mathematics and Computer Science Department, VSUACE
Хирис Наталья Сергеевна Khiris Natalya Sergeevna	аспирантка кафедры строительных материалов и специальных технологий, ВолгГАСУ Post-graduate student of Construction Materials and Special Technologies Department, VSUACE
Чернышкова Татьяна Вячеславовна Chernyshkova Tatyana Vyacheslavovna	старший преподаватель кафедры энергоснабжения и теплотехники, ВолгГАСУ senior lecturer of Power Supply and Heat Engineering Department, VSUACE
Шолудько Светлана Леонидовна Sholudko Svetlana Leonidovna	аспирантка кафедры гидротехнических и земляных сооружений, ВолгГАСУ Post-graduate student of Hydraulic and Earthwork Structures Department, VSUACE
Шило Максим Александрович Shilo Maksim Aleksandrovich	аспирант кафедры энергоснабжения и теплотехники, ВолгГАСУ Post-graduate student of Power Supply and Heat Engineering Department, VSUACE
Юшкова Наталия Геннадиевна Yushkova Nataliya Gennadiyevna	канд. арх., доц. кафедры архитектуры жилых и общественных зданий, ВолгГАСУ, (8442)96-98-59 Candidate of Architecture, Docent of Architecture of Municipal and Residential Buildings Department, VSUACE

Примечание. С авторами статей — аспирантами, докторантами и сотрудниками ВолгГАСУ — можно связаться по e-mail: info@vqgasu.ru (в теме письма указать наименование структурного подразделения, фамилию и инициалы адресата).

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/science/journals/herald-volggasu/preparation-requirements/>), *анкеты* согласия автора на доступ к его персональным данным неограниченного круга лиц (скачать бланк по адресу <http://www.vgasu.ru/science/journals/herald-volggasu/preparation-requirements/>), *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 7 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 A4 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 подрисуночной 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. 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 *на латинице*, 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. Корректур 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).

ISSN 1815-4360. Серия «Строительство и архитектура»

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-градоостроительной 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 *Издательская деятельность / 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: mariapes@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 «Информре-
гистр», 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
2013. Вып. 33 (52)**

Редакторы *О. А. Шипунова, И. Б. Чижикова*

Перевод на английский язык *О.Ю. Юшко*

Компьютерная правка и верстка *Н. А. Кашириной, А. Г. Сиволобовой*

Компьютерный дизайн обложки *О. Ю. Мелешин*

Информационно-библиографическое обслуживание выпуска *Е. В. Хромова*

Подписано в печать 30.09.2013. Формат 70 × 108/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.

Уч.-изд. л. 14,4. Усл. печ. л. 23,7. Тираж 500 экз. Заказ № 57

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»

Редакционно-издательский отдел

Отдел оперативной полиграфии

400074, Волгоград, ул. Академическая, 1