

Министерство образования и науки Российской Федерации

**ВЕСТНИК
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

Выпуск **Серия: Строительство и архитектура** **2012**
26 (45) Научно-теоретический и производственно-практический
журнал

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

Выходит 4 раза в год
Основан в 1999 г.

Волгоград

ВолгГАСУ

С о д е р ж а н и е

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

Титоренко А. И. Применение и методы расчета гибких противоселевых сооружений	5
Анисимов Л. А., Маштаков А. С. Геодинамические риски при эксплуатации нефтяных платформ и самоподъемных буровых установок в северной части Каспийского моря	12
Богомолов А. Н., Олянский Ю. И., Махова С. И., Осипова О. Н., Киселева О. В. Изменение состава и свойств лессовых просадочных пород при замачивании и фильтрации воды	16
Богомолова О. А., Фролов А. Ю., Цветков В. К. Распределение напряжений в системе грунт — подпорная стенка	26
Богомолова О. А., Ечевский А. В., Бабаханов Б. С., Шиян С. И., Соловьев А. В., Махова С. И., Калининский С. А. Метод расчета устойчивости нагруженных откосов и его экспериментальное обоснование	32
Муравьева Л. В. Влияние колебаний подводных трубопроводов в водном потоке на их прочность	41

Культербаев Х. П., Чеченов Т. Ю., Барагунов Т. М. Вынужденные колебания континуально-дискретной балки при учете инерционных сил вращения	48
Коротких Д. Н. Закономерности разрушения структуры высокопрочных цементных бетонов на основе анализа полных равновесных диаграмм их деформирования (часть 1)	56
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ	
Боровик В. С., Синяков В. Н., Прокопенко Ю. Е. Характеристика колебаний пролетного строения моста через Волгу в сложных инженерно-геологических условиях	68
Девятов М. М., Полякова Е. С. Функциональная классификация улиц и дорог местного значения в крупных городах	77
Сотникова И. В., Шенк Л. Формирование городских коммуникационных пространств с применением метода «Shared space»	86
Гудков В. А., Серова Е. Ю. Определение уровня обеспечения безопасности дорожного движения в местах расположения предприятий и объектов автомобильно-дорожного сервиса	93
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	
Бондарев Б. А., Корнеев К. А., Ивашкин А. Н. Композиционные строительные материалы на основе местных песков и отходов	96
Логанина В. И., Макарова Л. В., Куимова Е. И., Сергеева К. А. Модель влияния технологических факторов на свойства сухих строительных смесей	102
Мельников С. В., Романов С. И., Стадник А. Ю. Определение плотности высушенных минеральных материалов косвенным экспресс-методом при производстве горячих асфальтобетонных смесей	108
Леснов В. В., Салимов Р. Н., Ерофеев В. Т. Исследование свойств дисперсно-армированных эпоксидных каркасных композитов	113
Glodkowska W. Method of selection of coat properties for protection of reinforced concrete construction	118
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ	
Марков И. В., Гадаборшева Т. Б., Богомолов А. Н. Повышение эффективности систем аспирации путем изменения дисперсного состава ультразвуковым воздействием	127
Бойков А. Г. Температурная зависимость потенциалопроводности строительных материалов на примере оконного стекла	132
ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	
Рыльцева Т. Ф., Рыльцев В. В., Приходченко А. В., Болеев А. А., Потоловский Р. В. К вопросу о системе качества воды	138
ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ, ИНТЕНСИФИКАЦИЯ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ	
Жуков А. Н., Перехоженцев А. Г. Экспериментальное определение коэффициента паропроницаемости жидкого керамического утеплителя типа «Корунд-Классик»	144
Корниенко С. В. Оценка влияния температурно-влажностного режима в краевых зонах ограждающих конструкций на теплозащиту зданий	148
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	
Беспалов В. И., Сысоев В. Н. Оценка эффективности и экономичности мероприятий по борьбе с вибрацией в рабочей зоне формовочных цехов заводов ЖБК	155
Беспалов В. И., Сысоев В. Н. Санитарно-гигиеническая и энергетическая оценка процесса подавления вибрации в рабочей зоне формовочных цехов заводов ЖБК	161
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА. УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ	
Бахтияров В. Г., Сидоренко В. Ф. Рекреационный потенциал территории как фактор экологической безопасности урбанизированной территории в Нижневолжском регионе	165
Анопин В. Н. Эффективность мероприятий по увеличению долговечности и улучшению состояния лесомелиоративных насаждений урболандшафтов Нижнего Поволжья	168
Красильникова Э. Э., Иваницкая Ю. А. Формирование научно-образовательных кластеров на основе реновации промышленных зон крупных городов	174
ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ. АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	
Антюфеева О. А. Новые формы экспонирования архитектурно-археологических памятников (экспериментальный проект «Музейно-археологический и культурный центр римско-византийского искусства “Медиана” в городе Ниш, Сербия»)	182

Чеснокова О. Г. Особенности методики архитектурно-конструктивного проектирования высотных многофункциональных комплексов	187
Joklova V., Vascova A. Effective housing design	193

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ

Анопин В. Н., Рулев А. С., Березовикова О. Ю. Использование ГИС-технологий при картографировании урболандшафтов г. Волгограда	200
Бубнов С. А., Овчинников И. И. Применение программного комплекса ANSYS к расчету толстостенного трубопровода, подвергающегося локальной водородной коррозии	208

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

Фаворская Е. А. Композиционная проработка — одно из необходимых условий повышения качества архитектурной деятельности	213
--	-----

НАШИ АВТОРЫ	218
-------------	-----

C o n t e n s

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

Titorenko A. I. Application and calculation methods of flexible anti-mudflow constructions	5
Anisimov L. A., Mashtakov A. S. Geodynamic risks during exploitation of oil platforms and jack-up rigs in north part of the Caspian sea	12
Bogomolov A. N., Olyanski Yu. I., Makhova S. I., Osipova O. N., Kiseleva O. V. Composition and properties change of collapsible loess at water soaking and filtration	16
Bogomolova O. A., Frolov A. Yu., Tsetkov V. K. Stress distribution in ground — face wall system	26
Bogomolova O. A., Yechevski A. V., Babakhanov B. S., Shiyan S. I., Solovov A. V., Makhova S. I., Kalinovski S. A. Calculation approach of loaded slopes and its experimental justification	32
Muraveva L. V. Variation effect of bottom pipe in water-course on their competence	41
Kulterbayev Kh. P., Chechenov T. Yu., Baragunov T. M. Forced oscillations of continual and discrete beam for inertial forces of rotation	48
Korotkikh D. N. Destructions regularity of high-strength cement concretes by the method of complete stable diagrams of their deformation (first part)	56

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

Borovik V. S., Sinyakov V. N., Prokopenko Yu. Ye. Oscillates description of bridge superstructure through the Volga in difficult engineering-geological conditions	68
Devyatov M. M., Polyakova Ye. S. Functional classification of local streets and roads in major cities	77
Sotnikova I. V., Shenk L. Organization of city communication spaces with “Shared space” method	86
Gudkov V. A., Serova E. Yu. Definition of organization level of road safety in place of enterprises and objects of motor and roadside service	93

BUILDING MATERIALS AND ARTICLES

Bondarev B. A., Korneev K. A., Ivashkin A. N. Composite constructional materials on basis of local sands and wastes	96
Loganina V. I., Makarova L. V., Kuimova Ye. I., Sergeyeva K. A. Model of technology factors influence on properties of dry building mixes	102
Melnikov S. V., Romanov S. I., Stadkin A. Yu. Defining density dried mineral materials of oblique quick test in manufacture of hot-mixed asphalt	108
Lesnov V. V., Salimov R. N., Yerofeyev V. T. Disperse and clad epoxy carcass composites properties investigation	113
Głodkowska W. Method of selection of coat properties for protection of reinforced concrete construction	118

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

Markov I. V., Gadaborsheva T. B., Bogomolov A. N. Efficiency upgrading of aspiration systems by particle size changing of ultrasonic exposure	127
Boikov A. G. Temperature dependence of building materials potential diffusivity by example of window glass	132

WATER SUPPLY, SEWERAGE, CONSTRUCTION SYSTEMS FOR WATER RESOURCES CONSERVATION

Ryltseva T. F., Ryltsev V. V., Prihodchenko A. V., Boleyev A. A., Potolovski R. V. On water quality system	138
---	-----

INNOVATIONS IN CONSTRUCTION, INTENSIFICATION, ENERGY SAVING

Zhukov A. N., Perekhzhentsev A. G. Experimental determination of vapor permeability coefficient of liquid ceramic insulant "Corund-Classic" 144

Kornienko S. V. Estimation of temperature-humidity conditions in edge zones of enclosing structures on heat shielding of buildings 148

LIFE SAFETY AND LABOR SAFETY IN CONSTRUCTION

Bespalov V. I., Sysoyev V. N. Estimation of efficiency and profitability of actions on struggle against vibration in working zone of molding shops in concrete component factories 155

Bespalov V. I., Sysoyev V. N. Sanitary-hygienic and energy estimations of process of vibration destruction vibration in working zones of molding shops in concrete component factories 161

URBAN PLANNING. ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF URBAN PLANNING. CONTROL OF INVESTMENT URBAN PLANNING ACTIVITY

Bakhtoyarov V. G., Sidorenko V. F. Recreational potential of territory as factor of environmental safety of urban land in Lower Volga region 165

Anopin V. N. Efficiency of measures on longevity increasing and improving condition of forest meliorated plantations of urban landscapes in Lower Volga region 168

Krasilnikova E. E., Ivanitskaya Yu. A. Research and education cluster organization based on renovation of large cities industrial areas 174

THEORY AND HISTORY OF ARCHITECTURE, RESTORATION AND RECONSTRUCTION OF THE HISTORIC AND ARCHITECTURAL HERITAGE. ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

Antyufeyeva O. A. New forms of an exposure of architectonic and archaeological monuments (experimental project "Museum and archaeological and cultural complex of Roman-Byzantine art "Mediana" in Nis, Serbia") 182

Chesnokova O. G. Characteristics of architectural and constructive design methods of high-rise mixed-up complexes 187

Joklova V., Bacova A. Effective housing design 193

INFORMATION TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Anopin V. N., Rulev A. S., Berezovikova O. Yu. GIS-technologies using for mapping of Volgograd urban territory 200

Bubnov S. A., Ovchinnikov I. I. Program complex ANSYS application to calculation of the thick-walled pipeline which is exposed to local hydrogen corrosion 208

ORGANIZATION OF HIGHER EDUCATION IN FIELD OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE

Favorskaya Ye. A. Composite working — one of necessary conditions of quality improvement in architectural activity 213

OUR AUTHORS 218

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

УДК 627.141.1

А. И. Титоренко

ПРИМЕНЕНИЕ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА ГИБКИХ ПРОТИВОСЕЛЕВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Подробно рассмотрены характеристики гибких противоселевых сооружений, а также варианты и перспективы их применения. Предложены зависимости, позволяющие обосновать геометрические и склоновые параметры гибких противоселевых сооружений.

К л ю ч е в ы е с л о в а: селевой поток, горные реки, гибкие противоселевые сооружения, барражи, дамбы, гибкая оболочка, напряженно-деформированное состояние, гидродинамическое давление, удельный вес, коэффициент расхода.

Characteristics of flexible anti-mudflow constructions, and variants and perspectives of their application are considered in detail. Dependences which are allowed to prove geometrical and slope parameters of flexible anti-mudflow constructions are suggested.

К е y w o r d s: mud flow, mountain rivers, flexible anti-mudflow constructions, barrage, dams, flexible envelop, strain-stress distribution, hydrodynamic pressure, specific weight, flow coefficient.

Селевой поток — это экстремальное проявление эрозионного процесса — трансформирует обильное количество твердого стока в виде смеси глинисто-коллоидных частиц, каменных включений и водного компонента при различном их количественном содержании. Характеризуется внезапностью возникновения, кратковременностью действия, большой разрушительной силой и способностью останавливаться в пределах конуса выноса.

В целях повышения эффективности гашения селевого потока и продления срока службы противоселевых сооружений, для бассейнов горных рек, обладающих малой длиной и большими уклонами русел, актуальным является применение гибких противоселевых конструкций (рисунок 1), которые способны перемещаться на некоторые расстояния совместно с селевым потоком, поглощая таким образом его разрушительную силу [1].

Особенность гибких конструкций заключается в сочетании податливости с повышенной прочностью материала, в способности обладать определенной формой поверхности в напряженном состоянии, в возможности существенно деформироваться под воздействием динамических нагрузок.

Гибкие селезащитные барьеры из кольцевых сеток доказали свою надежность в многочисленных экспериментах и реальных проектах по всему миру. Благодаря пропускающей конструкции, барьер задерживает твердый селевой материал, не создавая препятствий для воды и мелких частиц.

Гибкие противоселевые сооружения из кольчужной сетки устанавливаются в качестве:

системы барражей для уменьшения уклона и снижения эрозии днища;
сооружений для гашения энергии селевого потока;
сооружений для защиты от селей, как альтернатива земляным и бетонным дамбам.



Рис. 1. Антиселевой барьер из кольчужной сетки, высокой прочности

Кольчужные оцинкованные сети с кольцевыми ячейками используются в защитных системах с энергопоглощающей способностью от 150 до 5000 кДж, они применяются в системах защиты населенных пунктов, автомобильных и железных дорог от селевых потоков, камнепадов, снежных лавин, оползней, обвалов (рис. 2). Оцинкованная стальная сетка изготавливается из проволоки стальной канатной (оцинкованной) по ГОСТ 7372...79, сталь марки 55...85; поверхностная плотность цинка 110...245 г/м², так же возможно покрытие Galfan (5% Al + 95% Zn); временное сопротивление разрыву — 1270...1570 Н/мм². Диаметр проволоки 3...5,3 мм [2].

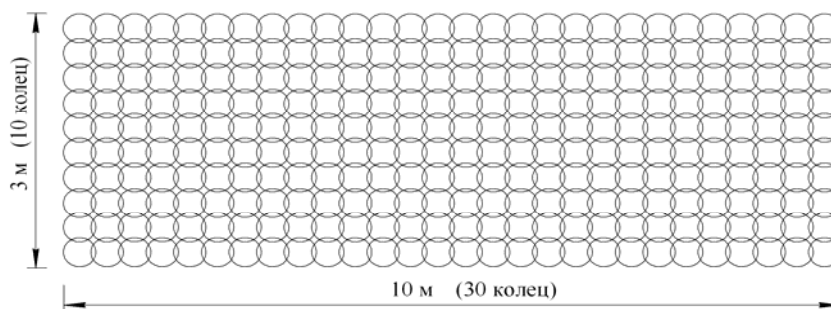


Рис. 2. Сеть стальная заградительная, кольчужного плетения

При ударе селевого потока в кольчужную сеть кинетическая энергия поглощается за счет суммарной деформации всех колец. При этом воздействие на сетку происходит равномерно и без чрезмерной нагрузки на анкерные крепления, в отличие от сеток из диагональных тросов или решеток, построенных только на стальных тросах. Барьеры плотинного типа из кольцевой сетки успешно зарекомендовали себя в качестве замены стальных и железобетонных конструкций для удержания селевых выносов объемом до 3000 м³.

Для эффективной защиты требуется учесть следующие параметры: скорость селя; геометрию створа; расчетный объем селевого потока; состав переносимого

твердого материала (водокаменный или грязекаменный сель); плотность, тип и размер ожидаемой твердой массы селя; анализ различных альтернатив размещения селезащитного барьера, например, малый уклон снижает скорость удара и увеличивает объем улавливаемого (аккумулируемого) материала.

Применение гибких селезащитных сооружений позволит существенно повысить безопасность селеопасных бассейнов рек Северо-Кавказского региона [1]. Гибкая конструкция подходит для бассейнов рек данных географических условий, а именно: малая длина русла и большой перепад высот. Однако нельзя рассматривать гибкие сооружения как абсолютную противоселевую «панацею», эффективный результат можно получить только при комплексном подходе к решению проблемы селевой безопасности [3]. Данную конструкцию необходимо рассматривать как эффективное звено, входящее в комплекс противоселевой защиты селеопасного бассейна.

Целью расчета гибких регулирующих противоселевых сооружений является определение силовых и геометрических характеристик гибкой оболочки, характеризующих напряженно-деформированное состояние конструкции во взаимосвязи с гидравлическими характеристиками, являющимися исходными данными для расчета.

При расчете следует учитывать состав переносимого твердого материала, в зависимости от которого селевые потоки делятся на грязевые $\gamma = 15...20$ кН/м, грязекаменные $\gamma = 21...25$ кН/м и водокаменные $\gamma = 11...15$ кН/м.

Необходимые для расчета исходные данные получаем, используя результаты экспериментальных данных [4]. Полная система исходных данных имеет вид:

H_1 — глубина воды в верхнем бьефе, м;

H_B — высота гибкого барьера, м;

$\gamma_\omega H_0$ — противодействие внутри полости гибкого барьера, кПа;

$\gamma_\omega z_0$ — осредненное гидродинамическое давление, кПа;

$h_{5\Phi}$ — расстояние от гребня до нижней границы зоны пониженного давления, м;

h_5 — расстояние от гребня до начала второго расчетного участка, м;

h_6 — расстояние от гребня до начала третьего расчетного участка, м;

$P_{\max}^B = \gamma H_{\text{всх}}^{\max}$ — осредненная величина максимального вакуума, кПа;

$H_{\text{в.т.}}$ — текущая высота гибкого барьера, определяется методом последовательных приближений, м;

γ — удельный вес селевого потока, кН/м³;

γ_ω — удельный вес воды, кН/м³.

Нагрузки и воздействия на противоселевые сооружения следует определять с учетом [5]:

статического давления отложившейся массы селевого потока;

динамического давления селевого потока на плоскость, перпендикулярную направлению его движения.

Задаваясь в первом приближении коэффициентом расхода m_1 , получаем

$$H_{\text{в.т.}} = H - \left(\frac{Q}{m_1 B \sqrt{2g}} \right)^{\frac{2}{3}} + \frac{\alpha V^2}{2g}. \quad (1)$$

Используя графические зависимости $m = f\left[\left(\frac{H_p}{H_{B.T.}}\right), \left(\frac{H_0}{H_{B.}}\right)\right]$, находим

значения коэффициента m во втором приближении m_2 , получаем $H_{B.T.}$ во втором приближении и т. д., до тех пор пока $H_{B.T.}$ $n+1$ приближения не будет равно $H_{B.T.}$ n -го приближения.

Параметры нагрузки определяются для случая свободного истечения на расчетных участках по следующим зависимостям:

$$\text{участок } ON: a_1 = -\frac{\gamma}{2T} \left(1 + \frac{z_0}{h_5} + \frac{P_{\max}^B}{\gamma h_5} \right); b_1 = \frac{\gamma}{T} (h_0 - z_0);$$

$$\text{участок } NK: a_2 = -\frac{\gamma}{2T}; b_2 = \frac{1}{T} (\gamma h_0 + P_{\max}^B);$$

$$\text{участок } KB: a_3 = -\frac{1}{2T} \left(\gamma + \frac{P_{\max}^B}{h_6 - h_{3\phi}} \right); b_3 = \frac{1}{T} \left(\gamma h_0 - P_{\max}^B \frac{h_{3\phi}}{h_6 - h_{3\phi}} \right);$$

$$\text{участок } BD: a_4 = 0; b_4 = \frac{\gamma}{T} (h_0 - h_{3\phi});$$

$$\text{участок } CO: a_5 = -\frac{\gamma(H_B - H_1 - z_{0\phi})}{T}.$$

Погонное усилие (кН/м) определяется по следующему выражению:

$$T = \frac{1}{4} \left[\frac{\gamma H_B (2h_0 - H_B) + (h_{3\phi} + h_6 - 2h_5) P_{\max}^B + \frac{P_{\max}^2 h_5}{P_{\max}^B + \gamma z_0} - \gamma (H_B - h_{3\phi})^2 - \gamma \frac{z_0 h_5}{P_{\max}^B + \gamma z_0}}{P_{\max}^B + \gamma z_0} \right]. \quad (2)$$

Размерные параметры нагрузки, полученные на основе экспериментальных данных, определяются на каждом расчетном участке. Для гибких селевых барьеров сочетания нагрузок позволяют при определении геометрических характеристик сетчатых барьеров обратиться к обобщенным аналитическим зависимостям В. А. Волосукина [6, 7], имеющим для i -го участка в случае $a \neq 0$ вид: при $k < 1$

$$\begin{cases} y = \pm \frac{2}{k\sqrt{2|a|}} \left[\sqrt{1 - 0,5k^2(1 \mp C_1)} \mp \varepsilon_2 \Delta(k, \psi) \right]; \\ \delta(x, x_0) = \pm \frac{\varepsilon_2 k}{\varepsilon_1 \sqrt{2|a|}} \delta A(k, \psi, \psi_0); \\ \delta(l, l_0) = \frac{k}{\sqrt{2|a|}} \delta F(k, \psi_0, \psi); \\ \delta(S, S_0) = x_0 \delta(y, y_0) \pm \frac{1}{\varepsilon_1 2|a|} [2\Delta(k, \psi) \delta A(k, \psi, \psi_0) - \delta \sin(2\psi, 2\psi_0)], \end{cases} \quad (3)$$

при $k > 1$

$$\begin{cases} y = \pm \frac{2}{k\sqrt{2|a|}} \left[\sqrt{k^2 - 0,5(1 \mp C_1)} \mp \varepsilon_2 \bar{k} \cos \psi \right]; \\ \delta(x, x_0) = \pm \frac{\varepsilon_2 k}{\varepsilon_1 \sqrt{2|a|}} \left[2\delta E(\bar{k}, \bar{\psi}, \bar{\psi}_0) - \delta F(\bar{k}, \bar{\psi}, \bar{\psi}_0) \right]; \\ \delta(l, l_0) = \frac{1}{\sqrt{2|a|}} \delta F(\bar{k}, \bar{\psi}_0, \bar{\psi}); \\ \delta(S, S_0) = \frac{\bar{k}}{\varepsilon_1 |a|} \left\{ \cos \bar{\psi} \left[2\delta E(\bar{k}, \bar{\psi}, \bar{\psi}_0) - \delta F(\bar{k}, \bar{\psi}, \bar{\psi}_0) \right] - \delta \sin(\bar{\psi}, \bar{\psi}_0) \delta \Delta(\bar{k}, \bar{\psi}, \bar{\psi}_0) \right\}, \end{cases} \quad (4)$$

где $k^2 = \frac{2}{\frac{b^2}{4|a|} + (1 \mp C_1)}$; $\Delta(k, \psi) = \sqrt{1 - k^2 \sin \psi}$;

$$A(k, \psi) = \frac{2}{k^2} E(k, \psi) - \left(\frac{2}{k^2} - 1 \right) F(k, \psi),$$

где $F(k, \psi) = \int_0^\psi \frac{d\psi}{\Delta k, \psi}$ — эллиптический интеграл I-го рода;

$E(k, \psi) = \int_0^\psi \Delta(k, \psi) d\psi$ — эллиптический интеграл II-го рода;

δ обозначает приращение стоящей за ней функции.

$$\text{sign } \varepsilon_1 = \begin{cases} -1, & \text{если } y'y'' < 0; \\ +1, & \text{если } y'y'' > 0; \end{cases}$$

$$\text{sign } \varepsilon_2 = \begin{cases} -1, & \text{если } a > 0, b > 0, P > 0 \text{ или } P < 0; \\ -1, & \text{если } a < 0, b < 0, P > 0; \\ +1, & \text{если } a > 0, b > 0, P > 0; \\ +1, & \text{если } a > 0, b < 0, P < 0; \end{cases}$$

$$\bar{k} = \frac{1}{k}; \quad \bar{\psi} = \arcsin(k \sin \psi).$$

В системах при $a > 0$ берется верхний знак, при этом $\psi = \frac{\pi}{2} - \frac{\varphi}{2}$, при $a < 0$ —

нижний знак, $\psi = \varphi/2$.

При $a = 0$ расчетные формулы имеют вид

$$\begin{cases} y = \frac{\varepsilon_1 + \cos \phi}{b}; \\ \delta(x, x_0) = \frac{1}{\varepsilon_1 b} \delta \sin(\phi, \phi_0); \\ \delta(S, S_0) = \frac{1}{b} \left\{ \left(\frac{1}{\varepsilon_1 b} \sin \phi_0 - x \right) \delta \cos(\phi, \phi_0) + \frac{1}{2\varepsilon_2 b} \left[\delta(\phi, \phi_0) - \frac{\delta \sin(2\phi, 2\phi_0)}{2} \right] \right\}; \\ \delta(l, l_0) = \frac{\phi - \phi_0}{b}. \end{cases} \quad (5)$$

Расчет гибких регулирующих противоселевых сооружений незамкнутого типа осуществляется по приведенным ниже выражениям. Расчетная схема селевого барьера (рис. 3).

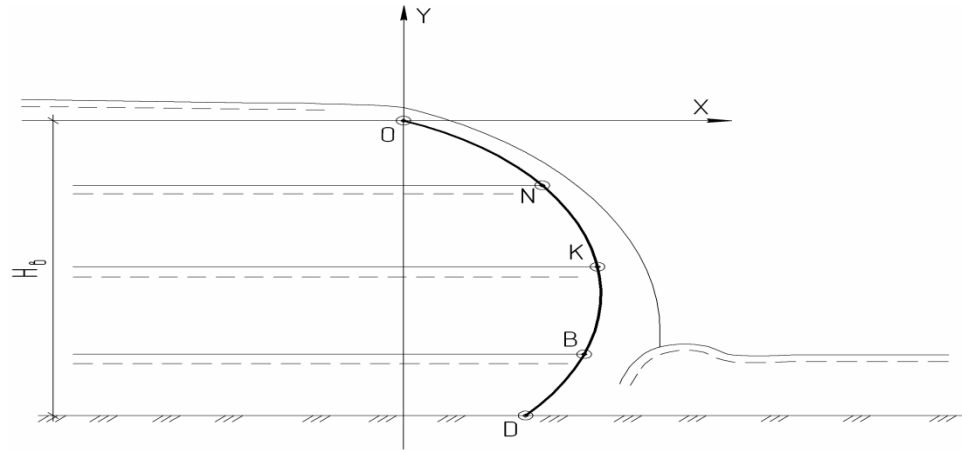


Рис. 3. Расчетная схема селевого барьера

Параметры нагрузки на четырех расчетных участках определяются по следующим зависимостям:

$$\text{участок ON: } a_1 = \frac{\gamma}{2T} \left(1 + \frac{H_{\text{вак}}^{\text{оср}} + z_0}{h_5} \right); \quad b_1 = \frac{\gamma}{T} (h_0 - z_0);$$

$$\text{участок NK: } a_2 = \frac{\gamma}{2T}; \quad b_2 = \frac{\gamma}{T} (h_2 + H_{\text{вак}}^{\text{оср}});$$

$$\text{участок KB: } a_3 = -\frac{\gamma}{2T} \left(1 - \frac{H_{\text{вак}}^{\text{оср}}}{h_{3\phi} - h_6} \right); \quad b_3 = \frac{\gamma}{T} \left(h_2 + \frac{H_{\text{вак}}^{\text{оср}} \cdot h_{3\phi}}{h_{3\phi} - h_6} \right);$$

$$\text{участок BD: } a_4 = 0; \quad b_4 = \frac{\gamma}{T} (h_2 + h_{3\phi}).$$

Величина погонного (кольцевого) усилия в противоселевом сооружении определяется по зависимости:

$$T = \frac{\gamma}{2(\cos\phi_5 - \cos\phi_0)} \left[\frac{(2h_2 + H)H + (h_{3\phi} + h_6 - h_5)H_{\text{вак}}^{\text{оср}} -}{-(H - h_{3\phi})^2 + (H_{\text{вак}} - z_0)h_5} \right]. \quad (6)$$

Для определения геометрических характеристик необходимо использовать зависимости (3) и (4), в которые подставляются параметры нагрузки, полученные на основании экспериментальных данных.

Выводы

1. Для снижения ущербов от селевых потоков перспективны гибкие противоселевые сооружения, особенно при установке их в каскаде в верховьях селевых русел.

Гибкие противоселевые сооружения отличаются относительной легкостью, компактностью, простотой монтажа и демонтажа, возможностью установки в верховьях селевых бассейнов с использованием простейших технических средств.

Гибкие противоселевые сооружения эффективно применять в верховьях селевых бассейнов совместно с лесомелиоративными мероприятиями и в низовьях селевых бассейнов совместно с селепропускными сооружениями.

2. Полученные зависимости 2—6 позволяют обосновать геометрические и склоновые параметры гибких противоселевых сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волосухин В. А., Титоренко А. И. Проблемы селевой активности на горных реках Черноморского побережья // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2011. № 4. С. 103—106.
2. ГОСТ 7372—79. Проволока стальная канатная. Технические условия. М., 2003.
3. Титоренко А. И. Противоселевые мероприятия и эффективность их применения в бассейнах Черноморского побережья // Вестник Донского государственного технического университета. 2011. Т. 11. № 6 (57). С. 850—856.
4. Защита народохозяйственных объектов от воздействия селевых потоков : материалы Международ. науч.-техн. конф. (г. Пятигорск, 17—21 нояб. 2003 г.). Новочеркасск — Пятигорск, 2003. Вып. 1. 111 с.
5. СНиП 22-02—2003. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. М., 2004.
6. Волосухин В. А. Расчет мягких конструкций гидротехнических сооружений / Труды Новочеркасского инженерно-мелиоративного института. Том XVI. Вып. 6. 1975. С. 52—57.
7. Сергеев Б. И., Волосухин В. А. Расчет гидротехнических мягких конструкций // Сб. науч. тр. ЮжНИИГиМ. 1976. Вып. XXIV. С. 16—88.
1. Volosukhin V. A., Titorenko A. I. Problemy selevoi aktivnosti na gornykh rekakh Chernomorskogo poberezhya // Izvestiya vysshykh uchebnykh zavedeni. Severo-Kavkazski region. Tekhnicheskiye nauki. 2011. № 4. S. 103—106.
2. GOST 7372-79. Provoloka stalnaya. Tekhnicheskiye usloviya. M., 2003.
3. Titorenko A. I. Protivoselevye meropriyatiya i effektivnost ikh primeneniya v basseinakh Chernomorskogo poberezhya // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2011. T. 11. № 6 (57). S. 850—856.
4. Zashchita narodokhozyaistvennykh obektov ot vozdeystviya selevykh potokov : materialy Mezhdunarod. nauch.-tekhn. konf. (g. Pyatigorsk, 17—21 noyab. 2003 g.). Novocherkassk — Pyatigorsk, 2003. Vyp. 1. 111 s.
5. SNiP 22-02—2003. Inzhenernaya zashchita territory, zdani i sooruzheni ot opasnykh geologicheskikh protsessov. Osnovnye polozheniya. M., 2004.
6. Volosukhin V. A. Raschet myagkikh konstruktsi gidrotekhnicheskikh sooruzheni // Trudy Novocherkasskogo inzhenerno-meliorativnogo instituta. Tom XVI. 1975. Vyp. 6. S. 52—57.
7. Sergeev B. I., Volosukhin V. A. Raschet gidrotekhnicheskikh myagkikh konstruktsi // Sb. nauchn. tr. YUzhNIIGiM. 1976. Vyp. XXIV. S. 16—88.

© Титоренко А. И., 2012

Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Титоренко А. И. Применение и методы расчета гибких противоселевых сооружений // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 5—11.

УДК 622.242.422 (262.81)

Л. А. Анисимов, А. С. Маштаков

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ РИСКИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ ПЛАТФОРМ И САМОПОДЪЕМНЫХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Обосновывается необходимость учета геодинамических рисков, в частности воздействия мелкозалегающего свободного газа, при эксплуатации нефтяных платформ и самоподъемных буровых установок (СПБУ) в северной части Каспийского моря с целью повышения их безопасной эксплуатации.

К л ю ч е в ы е с л о в а: геодинамические риски, мелкозалегающий свободный газ, северная часть Каспийского моря, нефтяные платформы, самоподъемные буровые установки.

The account necessity of geodynamic risks, in particular influences of shallow-lying free gas, during exploitation of oil platforms and jack-up rigs in north part of the Caspian Sea with the purpose to increase of their safe exploitation is settled.

K e y w o r d s: geodynamic risks, shallow free gas, north part of Caspian Sea, oil platform, jack-up rigs.

Геологическими морскими исследованиями Северного Каспия установлено широкое распространение в грунтовой массе скоплений мелкозалегающего свободного газа, опасного для буровых установок и гидротехнических сооружений, осложняющего бурение нефтегазопроисловых скважин и добычу нефти и газа.

В работах зарубежных исследователей, в частности М. Ховланда, отмечается, что при добыче нефти и газа в Северной Норвегии мелкозалегающий свободный газ создает потенциальные риски для искусственных конструкций, к которым относятся нефтяные платформы и самоподъемные буровые установки [1].

Ю. П. Безродных, С. В. Делия, В. П. Лисин подчеркивают, что мелкозалегающий свободный газ представляет собой инженерногеологические компоненты, опасные для гидротехнических сооружений. Возрастание парового давления в газоносных грунтах при строительстве либо при постановке на дно самоподъемных буровых оснований вызывает снижение несущей способности грунтового основания, либо может вызвать прорыв газа к поверхности дна, образование суффозионных воронок, приводящих к потере устойчивости и разрушению сооружений. Разгерметизация более глубоких газоносных залежей в ходе бурения может привести к прорыву газа по затрубному пространству, нарушая также устойчивость опорного основания. Аварии буровых оснований по указанным причинам произошли в различных регионах шельфа, в том числе на нефтяных месторождениях Каспия. Аварии, вызванные вскрытием скоплений мелкозалегающего газа, имели место также при неглубоком поисковом и инженерно-геологическом бурении в Восточно-Сибирском и Черном морях. При этом совместно с газом через ствол скважин выбрасывался большой объем водно-грунтовой смеси [2, 3].

Широкое распространение скоплений мелкозалегающего газа в грунтах является важнейшей геологической характеристикой Северного Каспия. По данным

количественных оценок, содержание свободного газа в приповерхностных отложениях достигает десятых долей процента от объема грунта при снижении интервальной скорости продольных волн до 200...300 м/с [4].

На первом этапе во избежание возникновения опасных ситуаций при постановке нефтяной платформы и СПБУ необходимо прогнозировать места скопления мелкозалегающего газа Северного Каспия. На втором этапе в уточненном месте выполняются другие исследования, связанные с получением данных для оценки несущей способности грунтового основания. При проведении сейсморазведочных работ в качестве признака скоплений газа рассматривают геологические сейсмические аномалии типа залежь (АТЗ) или высокоамплитудные отражения в виде «ярких пятен», интерпретируемые как «газовые карманы». Сейсмоакустические материалы высокого разрешения обеспечивают уточнение технологии проводки инженерногеологических скважин и выбор оптимальных схем отбора образцов грунтов. Скопления мелкозалегающего газа относятся к метановому и метанэтановому типам с содержанием метана до 99 % и проявляются на разных уровнях донного массива Северного Каспия, местами практически от дна моря. Выделение и оконтуривание газовых аномальных скоплений мелкозалегающего газа производится на основе результатов сейсморазведочных работ.

В северной части Каспийского моря скопления мелкозалегающего газа приурочены к месторождениям Ракушечное, Хвалынское и Сарматское. Глубина распространения газа в Северном Каспии представлена в табл.

Глубина и характер распространения мелкозалегающего газа на территории российского нефтегазового сектора Северного Каспия

Наименование площади	Глубина и характер распространения газа
Месторождение «Ракушечная» им. В. Филановского	Фиксируется на глубинах 40...60 м от дна моря в песчаных слоях. Нижние части (корни) аномалий зафиксированы с большим разбросом глубин от 90 до 400 м
Месторождение «Широтная»	Приурочены к линзам ракуши на глубине 38...39 м, а также к наиболее рыхлым пескам. Наиболее обширные «пятна» занимают глубины уровня 40...51 м
Месторождение «Хвалынская»	Глубина распространения газа фиксируется от 15 до 43 м от дна моря
Месторождение «Ракушечное» им. Ю. Корчагина	Наиболее широко распространены скопления газа на глубинах 60...67 м в песчаном слое
Сарматское месторождение	Наиболее обширные по площади скопления газа на глубине около 64 м в песчано-раковинных отложениях

Сравнительный анализ нефтегазоносных площадей северной части Каспийского моря показывает, что на площади «Ракушечная» мелкозалегающий свободный газ был зафиксирован в большинстве стратиграфических комплексов с кровлей на глубинах 40-60 м от дна моря. Основным резервуаром газа является базальный песчаный слой, а зоны газонасыщения, имеющие глубокие корни и распространяющиеся вверх по разрезу вплоть до голоценовых отложений, служат источником поступления газа в вышележащие пласты-коллекторы (ловушки) и формируют грифоны в акватории [5].

Признаки газонасыщенных отложений были отмечены на площади «Широтная» в большом диапазоне глубин. «Яркие пятна», которые показывают наличие

мелкозалегающего свободного газа, обнаружены в верхах нижнехазарского комплекса и связаны с линзами и слоями пористых пород — песков и ракуши. Они приурочены к линзам ракуши на глубине 38...39 м, а также к наиболее рыхлым пескам, обогащенным дисперсным органическим веществом. На площади месторождения «Хвалынское» степень газонасыщения донного разреза очень неоднородна. Наиболее широко мелкозалегающий газ распространен в западной части месторождения. АТЗ располагаются на глубинах от 15 до 43 м от дна моря. В районе месторождений «Ракушечное» им. Ю. Корчагина скопления мелкозалегающего газа наблюдаются в геологических разрезах практически всех стратиграфических комплексов. Наиболее широко распространены скопления газа на глубинах 60...67 м в песчаном слое, залегающем в кровле нижнехазарского комплекса. На территории Хвалынского месторождения мелкозалегающий газ находится как в верхних горизонтах, представленных песчаными отложениями с ракушей, так и в подошве в слое раковинных грунтов. Сарматское месторождение по распространению геологических аномалий АТЗ и по степени газонасыщения грунтовой толщи аналогично западной части Хвалынского месторождения. На площади Сарматского месторождения признаки мелкозалегающего газа обнаружены вблизи дна в отложениях мангышлакского комплекса. При этом отмечено присутствие газа в перекрывающих их песчано-раковинных отложениях. Наиболее обширными по площади являются скопления газа в раковинных грунтах базального слоя, фиксируемого на глубине около 64 м от уровня моря. Наиболее молодыми газоносными отложениями являются мангышлакские, локализующиеся вблизи дна в палеозападинах и палеоложбинах. Такой газ относится к типу болотного и наиболее распространен в северных частях акватории, отмечается также на Сарматском месторождении.

Анализ распространенности газовых аномалий в северной части Каспийского моря показывает, что наиболее высокая степень насыщенности морского донного разреза отложений газами наблюдается на юге исследуемой акваториальной территории, начиная от района Сарматского месторождения. Это проявляется как в количестве уровней локализации, так и в площадных размерах газовых скоплений. В этой части мелкозалегающий газ находится на глубинах от 15 до 45 м, что создает значительный риск при добыче нефти и установке нефтяных платформ. На всей рассматриваемой площади проявлены скопления газа в верхах разреза нижнехазарского комплекса. В то же время исследования глубин расположения мелкозалегающего газа показывают, что для постановки СПБУ наибольшую опасность представляет западная часть месторождения Хвалынская, где месторождения газа встречаются на глубине 17,5 м. Исследование размещения геодинамических рисков в виде скоплений мелкозалегающего газа при добыче нефти с помощью нефтяных платформ и проведении геологоразведки с помощью СПБУ, основанное на специальных сейсмографических исследованиях, позволит более точно учитывать «геологические опасности» на исследуемых территориях, а также прогнозировать с использованием метода аналогий неблагоприятные процессы, которые могут возникнуть при добыче нефти в северной части Каспийского моря [2, 3].

Большинство компаний, ведущих нефтегазовую добычу на шельфах, избегают позиционирование стационарных платформ и СПБУ в местах, где существует мелкозалегающий свободный газ в грунтах, из-за прогнозов возникновения аварий

в будущем. Известно, что распространение в грунтовом массиве скоплений такого газа в Северном Каспии обширно, требуется тщательно изучить эти проблемы и принимать соответствующие меры.

На первом этапе, во избежание возникновения опасных ситуаций при постановке нефтяной платформы и СПБУ, необходимо прогнозировать места скопления мелкозалегающего газа, фиксируемые на сейсмических и сейсмоакустических записях высокого разрешения. На втором этапе в уточненном месте выполняются другие исследования, связанные с получением данных для оценки снижения несущей способности грунтового основания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Hovland M. Evidence of dynamic shallow gas hydrates at Husmus and Nyegga, off Mid-Norway // NGF Abstracts and Proceedings of the Geological Society of Norway. 2010. № 2. P. 28.
2. Безродных Ю. П., Делия С. В., Лисин В. П. Применение сейсмоакустических и сейсмических методов для изучения газоносности грунтов Северного Каспия // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2001. № 5. С. 476—480.
3. Безродных Ю. П., Делия С. В., Сорокин В. М. Особенности строения и состав верхней части четвертичной толщи Северного Каспия // Геология океанов и морей : тез. докл. XIII Межд. шк. морской геологии. Т. И. М: ГЕОС, 1999. С. 93—94.
4. Куприн Н. П., Росляков А. Г. Геологическая структура Мангышлакского порога // Геотектоника. 1991. № 2. С. 28—40.
5. Серебрякова О. А. Газоносность донных отложений Каспийского моря // Геология, география и глобальная энергия. 2010. № 4 (39). С. 14—21.
1. Hovland M. Evidence of dynamic shallow gas hydrates at Husmus and Nyegga, off Mid-Norway // NGF Abstracts and Proceedings of the Geological Society of Norway. 2010. № 2. P. 28.
2. Bezrodnykh Yu. P., Deliya S. V., Lisin V. P. Primeneniye seismoakusticheskikh i seismicheskikh metodov dlya izucheniya gazonosnosti gruntov Severnogo Kaspiya // Geokologiya. Inzhenernaya geologiya. Hidrogeologiya. Geokriologiya. 2001. № 5. P. 476—480.
3. Bezrodnykh Yu. P., Deliya S. V., Sorokin V. M. Osobennosti stroeniya i sostav verkhnei chasti chetvertichnoi tolshchi Severnogo Kaspiya // Geologiya okeanov i morei : tez. dokl. XIII Mezhd. shk. morskoi geologii. T. I. M: GEOS, 1999. P. 93—94.
4. Kuprin N. P., Roslyakov A. G. Geologicheskaya struktura Mangyshlaksckogo poroga // Geotektonika. 1991. № 2. P. 28—40.
5. Serebryakova O. A. Gazonosnost donnykh otlozheni Kaspiiskogo morya // Geologiya, geografiya i globalnaya energiya. 2010. № 4 (39). P. 14—21.

© Анисимов Л. А., Маштаков А. С., 2012

Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Анисимов Л. А., Маштаков А. С. Геодинамические риски при эксплуатации нефтяных платформ и самоподъемных буровых установок в северной части Каспийского моря // Вестник Волгogr. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 12—15.

УДК 624.131.1
624.131.23

**А. Н. Богомолов, Ю. И. Олянский, С. И. Махова,
О. Н. Осипова, О. В. Киселева**

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ЛЕССОВЫХ ПРОСАДОЧНЫХ ПОРОД ПРИ ЗАМАЧИВАНИИ И ФИЛЬТРАЦИИ ВОДЫ

Выполнены исследования образцов лессовых пород Молдавии наиболее характерных генетических типов и стратиграфических горизонтов в компрессионном приборе в условиях замачивания и фильтрации воды. Установлено, что методика компрессионных испытаний лессовых пород республики в соответствии с ГОСТ 23161-78 не может в достаточной мере удовлетворить потребностям проектирования и строительства гидротехнических объектов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: лессовые породы, просадочные породы, инженерно-геологические свойства.

The researches of Moldavia loess of the most characteristic genetic types and stratigraphic horizons in the floating-ring consolidometer under water soaking and filtration are carried out. Compressive tests methods of republic loess as consisted with Government Standard 23161-78) could not adequately meet demands in design and construction of hydraulic objects.

К e y w o r d s: loess, collapsible soils, engineering properties.

Длительному взаимодействию лессовых пород с водой для отложений Северного Кавказа посвящены исследования В. П. Ананьева, Н. В. Воляника, С. В. Трусовой, А. И. Хуртина, Э. В. Запороженко; для отложений Нижнего Поволжья — В. А. Рубинштейна; Е. Н. Сквалецкого — для отложений Средней Азии, для отложений Южной Украины — Н. А. Окниной, Н. С. Реутовой и Н. Г. Иножарской и др. Аналогичные работы выполнены для лессовых пород территории Молдовы [1—4].

Исследования лессовых пород междуречья Прут — Днестр выполнены в Институте геофизики и геологии АН Молдовы. Для исследований выбраны 4 участка, расположенные: в Центрально-Молдавской возвышенности (лессовые породы делювиально-пролювиального генезиса Q_{3-4}) и в южных районах республики (лессовые породы эолово-делювиального генезиса Q_3). На каждом участке изучено в среднем по 20 образцов лессовых пород, отобранных из дудки с глубин 5,0...10,0 м.

Лессовые породы делювиально-пролювиального генезиса из центральной части республики (г. Кишинев) характеризуются невысоким содержанием пылевой фракции (менее 50 %) и высоким содержанием песчаных частиц (до 52,3 %). Коэффициенты агрегированности для глинистых частиц не превышают 14,7, а для пылеватых частиц — 2,08. В дисперсной фракции основными минералами являются монтмориллонит и гидрослюда. У большинства образцов монтмориллонит преобладает над гидрослюдой. Это преимущественно средние и тяжелые суглинки с влажностью 0,14...0,19, пористостью 0,42...0,46. Лессовые породы эолово-делювиального генезиса из южных регионов республики (гг. Тараклия, Тирасполь, Кахул) по содержанию пыли больше напоминают «истинные лессы». Содержание пылевой фракции

у них значительно превышает величину 50 % и достигает 75 %, песчаной — 10...15 %. В дисперсной фракции преобладающим минералом является гидрослюда. Это преимущественно легкие и средние суглинки с влажностью 0,11...0,16, пористостью 0,42...0,48, коэффициентами агрегированности 2,07...14,8 для глинистой фракции и 1,0...2,0 — для пылеватой.

Лабораторные исследования состава и свойств образцов лессовых пород выполнялись в Лаборатории физико-механических свойств горных пород Института геофизики и геологии АН Молдовы и СКФ ПНИИИС. Изучение просадочности осуществлялось в компрессионных приборах системы Ленинградского горного института. Эти приборы после небольшого усовершенствования позволяют выполнять компрессионные испытания в соответствии с ГОСТ 23161—78 при капиллярном водонасыщении исследуемого образца и в условиях непрерывной фильтрации воды через образец. Фильтрация осуществлялась из бака при градиенте напора, равном 50. При направлении фильтрации снизу вверх использовалась водопроводная вода гидрокарбонатно-кальциевого состава с минерализацией 0,4 г/л.

Компрессионные испытания осуществлялись методом «одной кривой» с замачиванием образцов при нагрузке 0,15 МПа. При больших сжимающих давлениях значительная степень уплотнения образца препятствует интенсивной фильтрации воды. Испытания выполнялись по следующей схеме. Образец отжимался до нагрузки 0,15 МПа, после чего его влажность увеличивалась методом капиллярного водонасыщения. При такой влажности образец выдерживался от 2 до 4 недель до величины условной стабилизации, равной 0,001 мм за 1 сутки. После этого подключалась вода из бака и начиналась ее фильтрация через образец грунта. Фильтрация осуществлялась в течение 30...90 сут с ежесуточной регистрацией деформации. После завершения опыта определялись показатели физических свойств, состав воднорастворимых солей и микроагрегатный состав грунта. Такая методика исследований, несмотря на недостатки, позволяет не только оценить полную деформацию образца при замачивании, но и дифференцировать ее на собственно просадку и послепросадочное уплотнение, и широко используется в практике исследований на Северном Кавказе, Ростовской области, Средней Азии и других районах.

Гранулометрический состав лессовых пород определялся до производства компрессионных испытаний при наибольшей пептизации после растирания навески грунта с пирофосфатом натрия, микроагрегатный — по методу Н. А. Качинского, исключаяющему какое-либо химическое и тепловое воздействие на грунт. Микроагрегатный анализ выполнялся до компрессионных испытаний и после длительной фильтрации воды.

Изменения микроагрегатного состава за время замачивания и фильтрации воды заключаются в следующем. В целом содержание мелких фракций (дисперсной и мелкопылеватой) практически не изменилось (табл. 1). Наибольшие изменения отмечены для фракций размером, крупнее 0,1 мм. При фильтрации воды произошло разрушение агрегатов указанного размера и увеличение содержания более мелких фракций (0,1...0,05 и 0,05...0,01 мм), что способствовало уменьшению размера межагрегатных пор и общему снижению пористости образцов. Коэффициенты агрегированности глинистой фракции практически не изменились и остались в пределах 2,6...11,4.

Т а б л и ц а 1

*Микроагрегатный состав лессовых пород природной влажности
(в числителе) и после длительной фильтрации воды (в знаменателе)*

Размер фракций, мм	Содержание фракций, %			
	dp Q ₃₋₄ г. Кишинев N = 17	eol dQ ₃ г. Тирасполь N = 20	eol dQ ₃ г. Кахул N = 22	eol dQ ₃ г. Тараклия N = 21
Более 0,1	$\frac{14,2}{10,4}$	$\frac{6,4}{4,5}$	$\frac{4,2}{3,3}$	$\frac{10,1}{6,2}$
0,1...0,05	$\frac{26,9}{31,1}$	$\frac{20,3}{33,7}$	$\frac{22,0}{30,8}$	$\frac{25,8}{28,9}$
0,05...0,01	$\frac{34,9}{40,1}$	$\frac{43,6}{55,8}$	$\frac{56,4}{50,2}$	$\frac{50,8}{53,7}$
0,01...0,005	$\frac{6,5}{6,9}$	$\frac{5,7}{5,3}$	$\frac{13,9}{12,3}$	$\frac{8,4}{6,1}$
Менее 0,005	$\frac{12,7}{11,9}$	$\frac{11,1}{12,9}$	$\frac{3,5}{3,4}$	$\frac{4,9}{5,1}$

Общая тенденция изменения ионно-солевого комплекса лессовых пород в процессе длительной фильтрации воды представлена в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

*Состав воднорастворимых солей образцов лессовых пород природной влажности
(в числителе) и после фильтрации воды (в знаменателе)*

№ обр.	Гео-логич. индекс	Ионы, г/100 г сухой породы						Минерализация, г/100 г сух. породы	pH
		Na ⁺ +K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²		
493	eol dQ ₃	$\frac{0,0378}{0,0149}$	$\frac{0,0019}{0,0058}$	$\frac{0,0017}{0,0049}$	$\frac{0,0036}{0,0035}$	$\frac{0,0854}{0,0490}$	$\frac{0,0133}{0,0122}$	$\frac{0,202}{0,132}$	$\frac{8,65}{7,20}$
494		$\frac{0,0552}{0,0456}$	$\frac{0,0022}{0,0034}$	$\frac{0,0022}{0,0031}$	$\frac{0,0071}{0,0036}$	$\frac{0,0915}{0,0977}$	$\frac{0,0510}{0,0082}$	$\frac{0,326}{0,256}$	$\frac{8,00}{7,80}$
456		$\frac{0,0078}{0,0064}$	$\frac{0,0045}{0,0117}$	$\frac{0,0103}{0,0046}$	$\frac{0,0036}{0,0053}$	$\frac{0,0824}{0,0610}$	$\frac{0,0025}{0,0073}$	$\frac{0,139}{0,131}$	$\frac{7,90}{7,90}$
498		$\frac{0,0244}{0,0082}$	$\frac{0,0023}{0,0072}$	$\frac{0,0017}{0,0055}$	$\frac{0,0035}{0,0071}$	$\frac{0,0610}{0,0600}$	$\frac{0,0020}{0,0053}$	$\frac{0,129}{0,120}$	$\frac{7,80}{7,70}$
525		$\frac{0,0020}{0,0058}$	$\frac{0,0052}{0,0092}$	$\frac{0,0044}{0,0036}$	$\frac{0,0018}{0,0053}$	$\frac{0,0366}{0,0488}$	$\frac{0,0010}{0,0087}$	$\frac{0,065}{0,114}$	$\frac{7,80}{8,10}$

Так как опыт осуществлялся с использованием водопроводной воды определенной минерализации и химического состава, практически невозможно установить общие закономерности химических преобразований в исследуемых

образцах. Тем не менее, полученные выводы могут иметь важное значение и использоваться при оценке устойчивости лессовых пород к длительному воздействию воды на конкретных площадках строительства.

Основные результаты заключаются в следующем. Вследствие длительной фильтрации и выщелачивания легкорастворимых солей в образцах произошло значительное уменьшение (в 1,5...3,0 раза) содержания ионов Na^+ . Существенно повысилось содержание ионов Ca^{+2} и Mg^{+2} , что связано, очевидно, с растворением в агрессивной среде карбонатов кальция, магния и образованием сульфатов кальция и магния. Увеличилось в несколько раз содержание ионов Cl^- и SO_4^{-2} , что может найти объяснение в образовании среднерастворимых солей кальция и магния. Практически не изменилось содержание ионов HCO_3^- . На смену выносимого количества данного иона образуются новые гидрокарбонатные соединения.

В результате вышеуказанных химических преобразований наблюдаются различные изменения в общей минерализации. Она уменьшается на 20...30 % или не изменяется вообще, а в отдельных случаях может повышаться в 1,7...1,8 раза. Если до взаимодействия с водой засоление (по Е. В. Аринушкиной) было преимущественно сульфатное и содовое (по анионам) и натриевое, кальциевое и магниевое (по катионам), то после фильтрации воды оно изменилось соответственно на исключительно содовое и магниевое-кальциевое. Изменение концентрации водородных ионов pH практически не отмечено — незначительные колебания наблюдаются в обе стороны.

Таким образом, длительная фильтрация воды через лессовую породу показала, что процесс химических преобразований в ней чрезвычайно сложный. Наряду с вымыванием легкорастворимых соединений происходит разрушение гипса и карбонатов кальция и магния с образованием новых легко- и среднерастворимых солей. Содержание карбонатов кальция постепенно накапливается, при этом образуется аморфное карбонатное вещество с примесью глинистого материала, заполняющего крупные поры (0,1...1,0 мм). В результате выпадения углекислого кальция лессовые породы приобретают большую плотность и повышенную прочность. Е. Н. Сквалецкий отмечал: в результате многолетних промачиваний лессовых пород в основаниях гидротехнических сооружений в Таджикистане они преобразуются в озерный мергель.

Изменение показателей физических свойств и пластической прочности изученных образцов приведено в табл. 3. Как следует из результатов экспериментов, при длительной фильтрации воды существенным образом изменились все показатели свойств лессовой породы. Увеличение влажности произошло в среднем на 0,05...0,12. Предел раскатывания либо не изменился, либо уменьшился на 0,01. Повсеместно наблюдалось повышение предела текучести в среднем на 0,01...0,04. Такие изменения пределов пластичности обусловлены изменениями общего содержания карбонатов в образце породы, изменениями содержания дисперсной фракции, повышением емкости поглощения и изменениями состава обменных катионов в грунте. В результате произошло оглеение породы с изменением всех влажностных показателей. Число пластичности при этом увеличилось на 0,01...0,03. Вследствие просадочного уплотнения грунт стал более плотным, менее пористым, пластическая прочность его уменьшилась в 1,5...6,0 раз.

Послепросадочное уплотнение, связанное с длительной фильтрацией воды через лессовую породу, обусловлено разрушением водостойких структурно-коллоидных связей между ее частицами и проявляется в виде деформации ползучести скелета. Просадочный процесс и послепросадочное уплотнение обычно сочетаются, и деформация носит комплексный характер. Из-за трудности их разграничения на практике часто говорят об общей деформируемости лессовой толщи, условно выделяя наиболее активно протекающую стадию процесса (просадка) и плавную постепенно затухающую послепросадочную стадию. Вопросы количественной оценки обеих составляющих имеют большое практическое значение и постоянно находятся под наблюдением исследователей. Для лессовых пород Молдовы такие исследования выполнены по методике, приведенной выше.

Т а б л и ц а 3

Показатели физических свойств и пластической прочности лессовых пород природной влажности (в числителе) после замачивания и фильтрации воды (в знаменателе)

Показатели свойств	др Q ₃₋₄ г. Кишинев N = 17	eol dQ ₃ г. Тирасполь N = 17	eol dQ ₃ г. Кахул N = 22	eol dQ ₃ г. Тараклия N = 21
Влажность ω	$\frac{0,16}{0,24}$	$\frac{0,17}{0,27}$	$\frac{0,16}{0,26}$	$\frac{0,16}{0,28}$
Предел текучести ω_L	$\frac{0,29}{0,30}$	$\frac{0,32}{0,34}$	$\frac{0,30}{0,34}$	$\frac{0,31}{0,33}$
Предел раскатывания ω_p	$\frac{0,16}{0,15}$	$\frac{0,19}{0,20}$	$\frac{0,21}{0,20}$	$\frac{0,20}{0,20}$
Число пластичности J_p	$\frac{0,13}{0,15}$	$\frac{0,13}{0,14}$	$\frac{0,09}{0,12}$	$\frac{0,11}{0,13}$
Плотность ρ , г/см ³	$\frac{1,78}{2,06}$	$\frac{1,77}{2,03}$	$\frac{1,76}{2,10}$	$\frac{1,64}{2,05}$
Пористость n , %	$\frac{42,0}{39,0}$	$\frac{43,9}{41,0}$	$\frac{42,6}{38,3}$	$\frac{47,0}{38,0}$
Удельное сопротивление пенетрации $P_m \times 10^5$ Па природной влажности; при капиллярном водонасыщении без набухания; после длительной фильтрации воды	5,71 0,71 0,81	5,10 1,09 1,16	3,20 0,92 2,17	3,25 0,68 0,89

В результате обработки лабораторных данных получены 4 показателя величины относительной деформации лессовых пород при замачивании и фильтрации воды (просадочности):

ε_{sl}^2 — через 2 суток после замачивания образца в компрессионном приборе. Эта величина фиксируется в соответствии с требованиями ГОСТ 23161—78 и соответствует условной стабилизации, равной 0,01 мм за 3 ч;

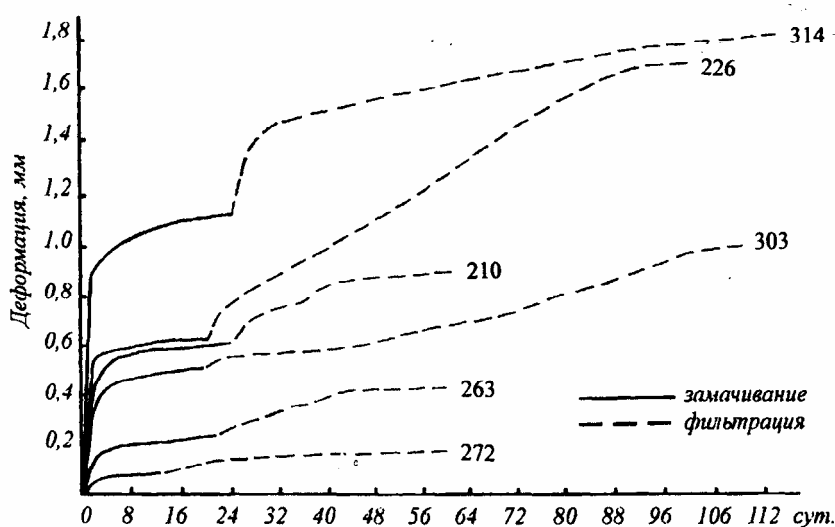
ε_{sl}^4 — через 4 суток после замачивания. В соответствии с мнением А. К. Ларионова эта величина является провальной просадкой;

ε_{sl}^K — через 2...4 недели после замачивания. Соответствует времени завершения консолидации образца;

ε_{sl}^Φ — через 90 суток после начала фильтрации воды через образец грунта, этот показатель характеризует общую деформацию образца.

Таким образом, величина ε_{sl}^4 характеризует провальную просадку; разность $\varepsilon_{sl}^K - \varepsilon_{sl}^4$ — замедленную просадку; разность $\varepsilon_{sl}^\Phi - \varepsilon_{sl}^4$ — послепросадочное уплотнение. Такое разделение имеет, безусловно, искусственный характер. Величина деформации и время связаны со сложным физико-механическим процессом, зависящим от гранулометрического и минерального состава, солевого комплекса, структуры и плотности грунта. Тем не менее, используемая дифференциация деформации лессовых пород при замачивании позволяет понять природу данного процесса и разработать методы его прогнозирования.

Ход деформации отдельных образцов грунта при замачивании и фильтрации и значения величин относительной деформации приведены в табл. 4 и на рис. Данные свидетельствуют о том, что величина замедленного уплотнения (замедленная просадочность) имеет наибольшее абсолютное значение у лессовых пород Центрально-Молдавской возвышенности и составляет 0,002...0,008, у других лессовых пород она не превышает значений 0,004...0,005. Указанная закономерность наблюдается и для величины послепросадочного уплотнения. Значение ее у первых составляет 0,011...0,037, у вторых — 0,003...0,010.



Деформация образцов лессовых грунтов в компрессионном приборе при замачивании и фильтрации воды. Цифрами показаны лабораторные номера образцов грунта

Приведенные выше результаты играют главную роль в прогнозировании просадочных и послепросадочных деформаций при инженерно-геологических изысканиях. Методика таких прогнозов обоснована в работах В. П. Ананьева, А. Н. Хуртина, Э. В. Запорожченко и др. [1, 3]. Она заключается в определении

коэффициента K , равного отношению общей величины деформации образца при замачивании и фильтрации к величине деформации, определенной в соответствии с ГОСТ 23161—78, а также в расчете среднеминимальных значений возможных деформаций и определении времени, необходимого для их достижения в компрессионном приборе. Например, для лессовых пород Средней Азии 85 % общей деформации в компрессионном приборе достигается через 10...20 суток от начала замачивания образца [5].

Т а б л и ц а 4

Показатели относительной деформации образцов лессовых пород в компрессионном приборе при замачивании и фильтрации воды

Место отбора образца и его номер	Провальная просадка ε_{sl}^4	Замедленная просадка $\varepsilon_{sl}^\phi - \varepsilon_{sl}^4$	Послепросадочное уплотнение $\varepsilon_{sl}^\phi - \varepsilon_{sl}^4$	Общая деформация ε_{sl}^ϕ
г. Кишинев др Q ₃₋₄				
обр. 178	0,014	0,016	0,015	0,045
обр. 314	0,042	0,005	0,037	0,084
обр. 315	0,020	0,002	0,016	0,038
обр. 316	0,017	0,008	0,021	0,046
обр. 274	0,010	0	0,002	0,012
обр. 226	0,022	0,004	0,034	0,060
обр. 227	0,015	0,018	0,011	0,044
г. Кахул eol dQ ₃				
обр. 205	0,010	0,003	0,004	0,017
обр. 208	0,020	0,004	0,006	0,030
обр. 210	0,024	0,005	0,010	0,039
обр. 214	0,009	0,001	0,003	0,013
г. Тирасполь eol dQ ₃				
обр. 153	0,013	0	0,004	0,017
обр. 488	0,008	0,001	0,005	0,014
обр. 500	0,016	0,008	0,002	0,026
обр. 525	0,014	0	0,003	0,017
г. Тараклия eol dQ ₃				
обр. 302	0,017	0,001	0,008	0,026
обр. 304	0,012	0,001	0,10	0,023
обр. 452	0,009	0	0,004	0,013
обр. 464	0,003	0	0,016	0,019

При прогнозировании общей деформации образцов лессовых пород при замачивании и фильтрации использовано 3 коэффициента: $K_1 = \varepsilon_{sl}^4 / \varepsilon_{sl}^2$; $K_2 = \varepsilon_{sl}^K / \varepsilon_{sl}^2$; $K_3 = \varepsilon_{sl}^\phi / \varepsilon_{sl}^2$.

Результаты расчетов, приведенные в табл. 5, свидетельствуют о том, что значения K находятся в интервале 1,13...1,38; K_2 — в интервале 1,33...1,54; K_3 — в интервале 1,91...2,55. Испытания лессовых пород в соответствии с ГОСТ 23161—78 позволяют выявить в среднем от 62 до 87 % величины провальной просадки. При этом замедленная просадка в 1,33...1,54, а послепроса-

дочное уплотнение в 1,91...2,55 раз больше величины просадочности, определенный гостированным методом. Следовательно, есть основания предполагать о замедленном типе проявления просадочности у лессовых пород региона.

В табл. 6 приведены значения коэффициента K_3 для лессовых пород Предкавказья и Средней Азии в сопоставлении с полученными результатами для междуречья Прут — Днестр. Очень хорошая сходимость наблюдается для описываемых пород и лессовых пород Предкавказья со сходными условиями происхождения, близким составом и значениями показателей физических свойств и просадочности.

На основании полученных результатов, мы сделали вывод о том, что значения коэффициентов K_1 , K_2 , и K_3 зависят не только от показателей физических свойств и состава пород, но и величины относительной просадочности, определенной гостированным методом. Это подтверждается данными, приведенными в табл. 7. Максимальное значение величины замедленной просадки и послепросадочного уплотнения наблюдается для непросадочных (по ГОСТу) образцов. С повышением величины провальной просадки замедленная просадочность и послепросадочное уплотнение уменьшаются. Например, для пород с ε_{sl}^2 , равной 0,041...0,0050, величина послепросадочного уплотнения примерно в 2 раза меньше, чем для пород с ε_{sl}^2 , равной 0,001...0,005. Данная таблица может иметь практическое значение для предварительной оценки просадочности грунтов и их послепросадочного уплотнения на ранних стадиях инженерно-геологических изысканий и при геологической оценке территорий.

Т а б л и ц а 5

*Величина относительной просадочности лессовых пород
при различных схемах производства опыта (нагрузка — 0,15 МПа)**

Тип отложений и место отбора	Величина относительной просадочности				Корректировочные коэффициенты		
	Замачивание			Фильтрация в течение 90 суток после замачивания ε_{sl}^{Φ}			
	2 суток ε_{sl}^2	4 суток ε_{sl}^4	до завершения консолидации ε_{sl}^K		$\varepsilon_{sl}^4 / \varepsilon_{sl}^2 =$ $= K_1$	$\varepsilon_{sl}^K / \varepsilon_{sl}^2 =$ $= K_2$	$\varepsilon_{sl}^{\Phi} / \varepsilon_{sl}^2 =$ $= K_3$
др Q ₃₋₄ г. Кишинев	$\frac{0,018}{0,005}$	$\frac{0,020}{0,015}$	$\frac{0,025}{0,016}$	$\frac{0,040}{0,025}$	1,13	1,54	2,55
eol dQ ₃ г. Тирасполь	$\frac{0,016}{0,010}$	$\frac{0,019}{0,016}$	$\frac{0,021}{0,017}$	$\frac{0,024}{0,019}$	1,19	1,33	1,79
eol dQ ₃ г. Кахул	$\frac{0,012}{0,010}$	$\frac{0,015}{0,007}$	$\frac{0,018}{0,010}$	$\frac{0,024}{0,016}$	1,27	1,50	2,00
eol dQ ₃ г. Тараклия	$\frac{0,013}{0,008}$	$\frac{0,018}{0,006}$	$\frac{0,019}{0,011}$	$\frac{0,021}{0,014}$	1,38	1,46	1,91

Примечание: в числителе — среднее; в знаменателе — среднеквадратическое отклонение.

Т а б л и ц а 6

Значение коэффициентов K_3 для лессовых пород различных регионов

Район	Автор	$K_3 = \varepsilon_{sl}^{\Phi} / \varepsilon_{sl}^2$	
		Категория просадочности грунтов	
		Слабопросадочные	Среднепросадочные
Предкавказье	Э. В. Запороженко	2,3	1,9
Средняя Азия	Е. Н. Сквалецкий	1,7	1,7
Молдова	Ю. И. Олянский	2,55	1,9

Т а б л и ц а 7

Корректировочные коэффициенты величины относительной просадочности
при различных схемах замачивания образцов
в компрессионном приборе*

Интервалы значений величины относитель- ной просадочности ε_{sl}^2	Корректировочные коэффициенты		
	$\frac{\varepsilon_{sl}^4}{\varepsilon_{sl}^2} = K_1$	$\frac{\varepsilon_{sl}^K}{\varepsilon_{sl}^2} = K_2$	$\frac{\varepsilon_{sl}^{\Phi}}{\varepsilon_{sl}^2} = K_3$
0,001...0,005	1,66	1,86	3,28
0,006...0,010	1,39	1,73	2,19
0,011...0,020	1,37	1,59	2,05
0,021...0,030	1,35	1,55	1,81
0,031...0,040	1,24	1,51	1,75
0,041...0,050	1,06	1,20	1,35

Примечание: ε_{sl}^2 – величина относительной просадочности через 2 суток после замачивания образца; ε_{sl}^4 – то же через 4 суток; ε_{sl}^K – то же после завершения консолидации; ε_{sl}^{Φ} – то же после фильтрации воды через образец.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Олянский Ю. И. Соотношение просадочных и суффозионно-пластических деформаций в лессовых грунтах Молдавии : тез. докл. на Всесоюзной науч. конф., посвященной 80-летию академика АН УзССР Г. А. Мавлянова. Ташкент, 1990. С. 113—114.
- Олянский Ю. И. Лессовые грунты юго-западного Причерноморья (в пределах Республики Молдова). Кишинев : Штиинца, 1992. 130 с.
- Олянский Ю. И., Богдевич О. П., Вовк В. М. О дополнительном уплотнении некоторых типов лессовых пород Молдавии при фильтрации воды // Известия АН МССР. Физика и Техника. 1991. № 3 (6). С. 118—121.
- Олянский Ю. И. Опыт оценки послепросадочного уплотнения лессовых пород по лабораторным испытаниям // Вестник ВолгГАСУ. Сер. : Естественные науки. 2004. Вып. 4 (14). С. 81—85.
- Сквалецкий Е. Н. Инженерно-геологическое прогнозирование и охрана природной среды (на примере освоения лессовых территорий Таджикистана). Душанбе : Дониш, 1988. 259 с.
- Olyanski Yu. I. Sootnosheniye prosadochnykh i suffozionno-plasticheskikh deformatsi v lessovykh gruntakh Moldavii: tez. dok. na Vsesoyuznoy nauch. konf., posvyashchennoy 80-letiyu akademika AN UzSSSR G.A. Mavlyanova. Tashkent, 1990. S. 113—114.
- Olyanski Yu. I. Lessovye grunty yugo-zapadnogo Prichernomorya (v predelakh respubliky Moldova). Kishinev: Izd. Shtiintsa, 1992. 130 s.

3. *Olyanski Yu. I., Bogdevich O. P., Vovk V. M.* O dopolnitelnom uplotnenii nekotorykh tipov lessovykh porod Moldavii pri filtratsii vody // *Izvestiya AN MSSR. Fizika i Tekhnika*. 1991. № 3 (6). S. 118—121.

4. *Olyanski Yu. I.* Opyt otsenki posleprosadochnogo uplotneniya lessovykh porod po laboratornym ispytaniyam / *Vestnik VolgGASU. Ser. : Yestestvennye nauki*. 2004. Vyp. 4 (14). S. 81—85.

5. *Skvaletski Ye. N.* Inzhenerno-geologicheskoye prognozirovaniye i okhrana prirodnoy sredy (na primere osvoyeniya lessovykh territori Tadzhikistana). Dushanbe : Donish, 1988. 259 s.

© *Богомолов А. Н., Олянский Ю. И., Махова С. И.,
Осипова О. Н., Киселева О. В., 2012*

*Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.*

Ссылка для цитирования:

Изменение состава и свойств лессовых просадочных пород при замачивании и фильтрации воды / А. Н. Богомолов, Ю. И. Олянский, С. И. Махова, О. Н. Осипова, О. В. Киселева // *Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит.* 2012. Вып. 26(45). С. 16—25.

УДК 624.131.53

О. А. Богомолова, А. Ю. Фролов, В. К. Цветков

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ ГРУНТ — ПОДПОРНАЯ СТЕНКА

Рассмотрено влияние подпорной стенки и равномерно распределенной нагрузки на напряженное состояние приоткосной зоны для различных видов грунтов. Получены эпюры горизонтального давления на подпорную стенку для рассмотренных вариантов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: подпорная стенка, подкрепленный откос, поверхностная нагрузка, боковое давление грунта.

The influence of face wall and ultimate dead load on the stress state of slope zone is considered for different kinds of grounds. Diagrams of the horizontal thrust on the face wall of analyzed options are received.

K e y w o r d s: face wall, stiffened slope, surface load, lateral earth pressure.

При расчетах подпорных стенок на их устойчивость и прочность перво-степенное значение имеет знание распределения бокового давления грунта по высоте стенки. Для решения этой задачи необходимо определение напряженно-деформированного состояния грунта засыпки, которое осложняется разнообразием исходных данных: геометрии стенки, физико-механических свойств грунтов засыпки и основания, различных поверхностных нагрузок и их расположения и т. д. Все это возможно учесть, используя метод конечных элементов, являющийся наиболее эффективным численным методом механики сплошной среды.

В работе используется программа [1], включающая результаты исследований [2], которые позволяют на основе решения плоских задач теории упругости методом конечных элементов определять напряжения в различных точках грунтовых массивов от воздействия собственного веса грунта и различных поверхностных нагрузок.

Выбор размеров модели, количества и размеров треугольных элементов обоснованы результатами исследований, приведенных в [2], где дается сопоставление величин напряжений, определенных в приоткосных зонах однородных откосов методом конечных элементов, с точным решением соответствующих задач теории упругости.

Расчетная модель вертикального подкрепленного откоса приведена на рис. 1. Размеры модели приняты на основании известного положения теории упругости о том, что граничные условия практически не влияют на распределение напряжений, если границы удалены от исследуемой части области не менее чем на 6 наибольших размеров. Т. к. высота откоса равна h , то вертикальный размер модели принят равным $8h$, а горизонтальный — $16h$.

Расчетная модель разбита на 24400 треугольных элементов, соединенных в 12441 узле.

Исходные данные для решения задач содержат следующие свойства элементов: объемный вес γ , коэффициент бокового давления μ , модуль деформации E , высоту h и угол откоса β , поверхностную равномерно распределенную нагрузку интенсивностью q и граничные условия. Расчетные физико-

механические характеристики грунтов принимаем согласно результатам многочисленных лабораторных исследований: для глинистых, песчаных грунтов и «прочных» пород приняты следующие: объемный вес $\gamma = 1800, 1500, 2200 \text{ Н/м}^3$; модуль деформации $E = 65, 115, 300 \text{ МПа}$; коэффициент бокового давления $\mu = 0,75; 0,5; 0,33$. Для бетона, из которого изготовлена подпорная стенка, имеем: $\gamma = 25000 \text{ Н/м}^3$; $E = 25000 \text{ МПа}$; $\mu = 0,25$.

Граничные условия заданы следующим образом: вдоль вертикальных границ расчетной модели отсутствуют перемещения в горизонтальном направлении; вдоль нижней горизонтальной границы отсутствуют вертикальные перемещения; на перемещения других точек ограничения не наложены.

Рассмотрим откос с подпорной стенкой $ABCD$. Полагая $\gamma = 1$ и $h = 1$, получим безразмерные составляющие напряжений.

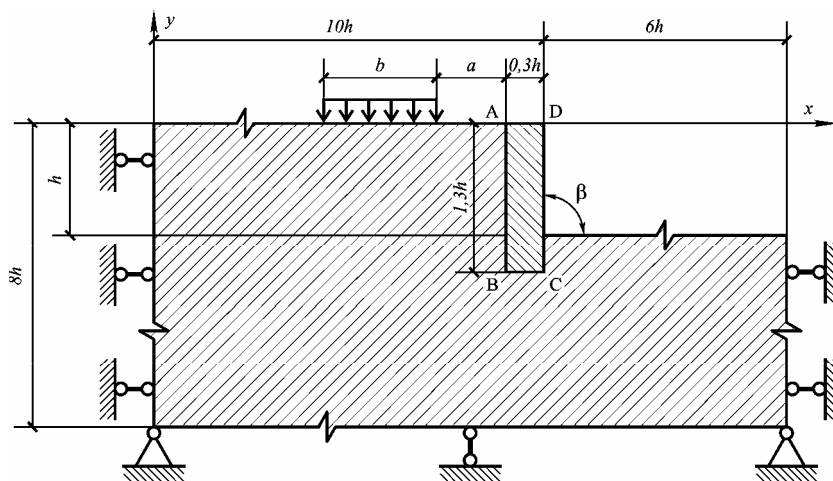


Рис. 1. Расчетная модель

На рис. 2—4 построены изолинии горизонтальных составляющих безразмерных напряжений в ненагруженном подкрепленном откосе при различных значениях μ .

Подпорная стенка оказывает существенное влияние на перераспределение горизонтальных напряжений (рис. 2—4). Так, по сравнению с горизонтальными напряжениями, возникающими в вертикальном откосе, можно отметить уменьшение зоны растяжения в верхней части контактной грани и увеличение напряжений при приближении к подпорной стенке в средней ее части.

В рассматриваемом случае по контакту грунта с подпорной стенкой в верхней ее части имеются растягивающие горизонтальные напряжения, которые на дневной поверхности равны $0,41; 0,39$ и $0,35\gamma h$ для принятых значений μ и распространяются на глубину $0,17h$. Т. е. на этом участке грунт не оказывает давление на подпорную стенку. А в нижней части стенки наблюдается уменьшение бокового давления. Максимальных значений горизонтальные напряжения достигают на расстоянии $1,1h; 0,60; 0,52$ и $0,47\gamma h$, а далее, к основанию стенки, убывают.

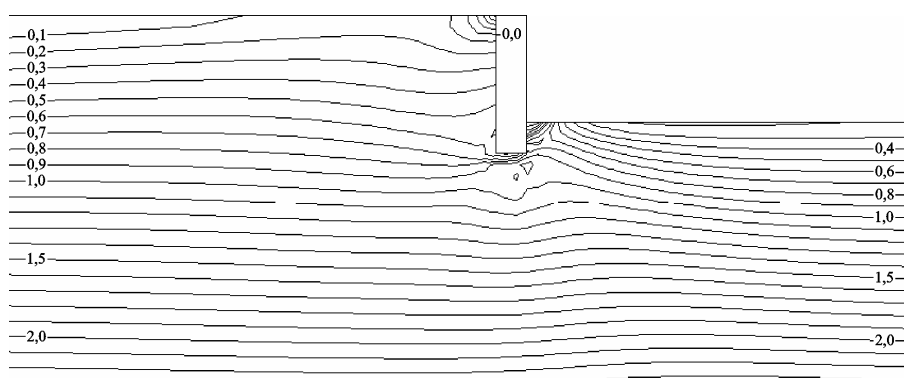


Рис. 2. Изолинии горизонтальных составляющих напряжений при $\mu=0,75$

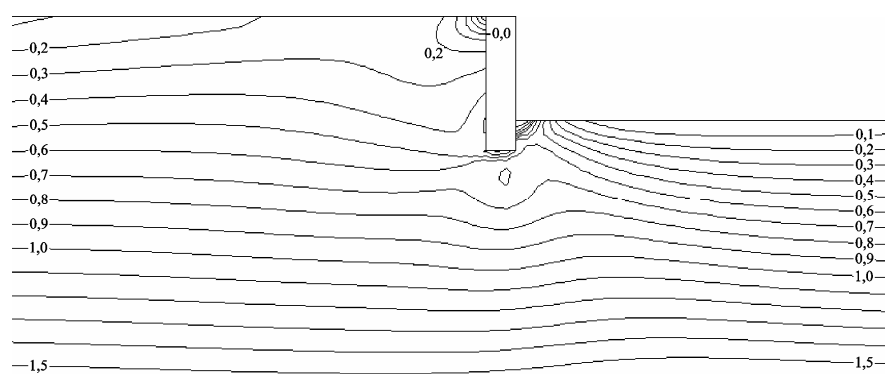


Рис. 3. Изолинии горизонтальных составляющих напряжений при $\mu=0,5$

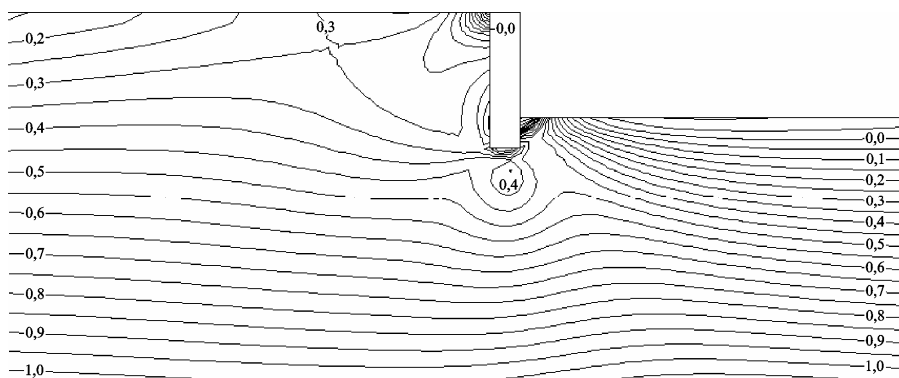


Рис. 4. Изолинии горизонтальных составляющих напряжений при $\mu=0,33$

Рассмотрим влияние равномерно распределенной нагрузки $q = \gamma h$ на распределение напряжений в приоткосной зоне. Примем $a = 0,5h$, $b = h$.

С учетом этого поверхностная нагрузка еще больше перераспределяет напряжения в сравнении с предыдущими вариантами, увеличивая давление на стенку. Горизонтальные напряжения по задней грани подпорной стенки постепенно увеличиваются и достигают максимальных значений на расстоянии h от поверхности засыпки и соответственно равны $0,767$; $0,697$ и $0,648\gamma h$ для глинистых, песчаных

грунтов и «прочных» пород, а затем убывают (рис. 5—7). В верхней же части контактной грани наблюдаются растягивающие напряжения, которые распространяются на глубину $0,17h$ и на свободной поверхности соответственно равны $0,866$; $0,806$ и $0,734\gamma h$. Следовательно, здесь грунт не оказывает давление на стенку.

Зона растягивающих горизонтальных напряжений в подошве откоса появляется при $\mu = 0,33$ на расстоянии $0,8h$ от подпорной стенки, в которой эти напряжения достигают величины $-0,121\gamma h$, и поэтому здесь возможно возникновение продольных трещин.

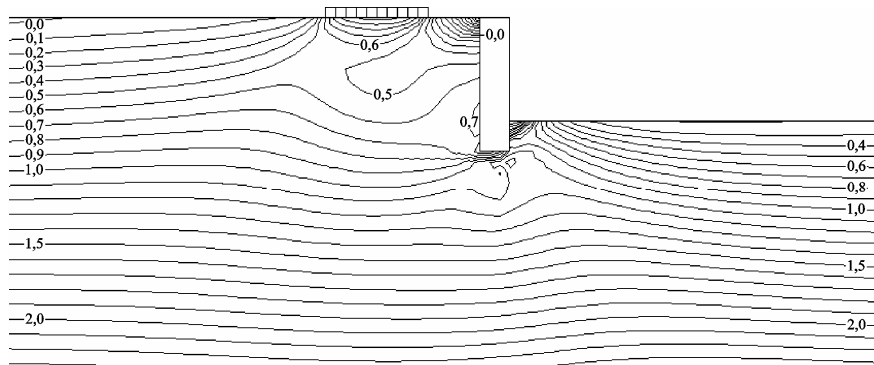


Рис. 5. Изолинии горизонтальных составляющих напряжений при $\mu=0,75$

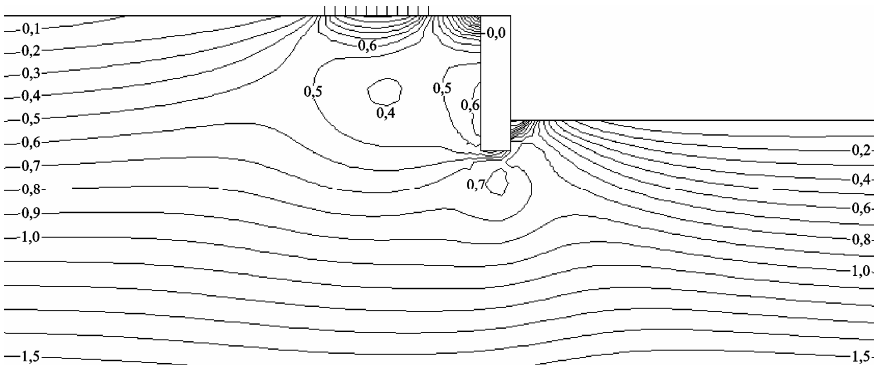


Рис. 6. Изолинии горизонтальных составляющих напряжений при $\mu=0,5$

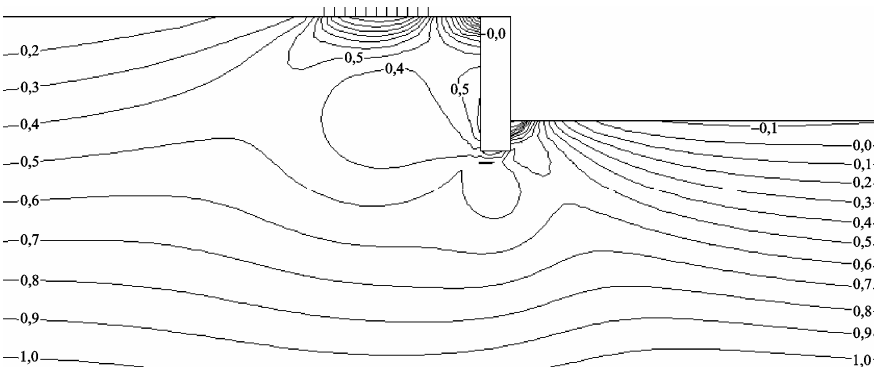


Рис. 7. Изолинии горизонтальных составляющих напряжений при $\mu=0,33$

На рис. 8, с учетом полученных результатов, построены эпюры горизонтальных безразмерных напряжений по контактной грани подпорной стенки для ненагруженного (1, 2, 3) и нагруженного (1', 2', 3') подкрепленных откосов для глинистых, песчаных грунтов и условно «прочных» пород. Все эпюры имеют криволинейное очертание, что подтверждается многочисленными экспериментальными данными [3, 4, 5].

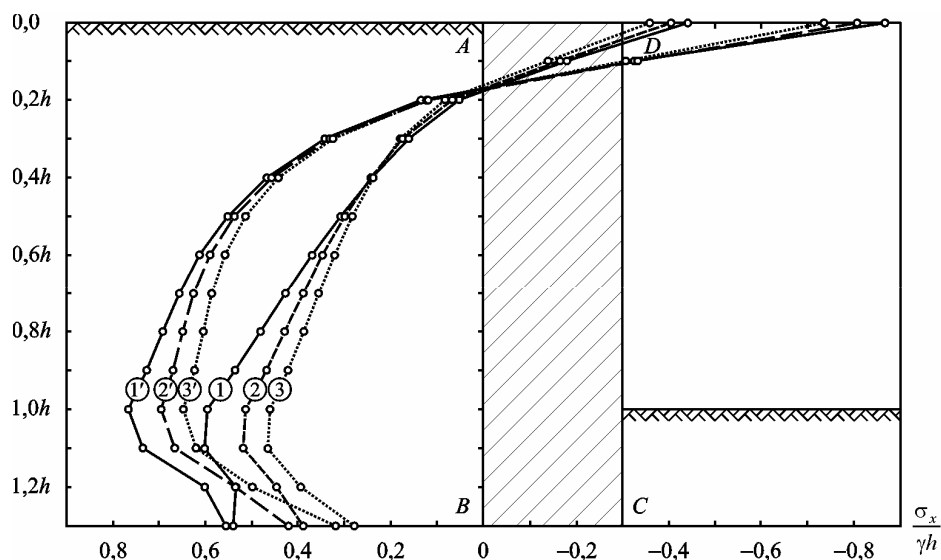


Рис. 8. Эпюры горизонтальных напряжений по контакту грунт — подпорная стенка для различных видов грунтов

Во всех случаях полученные эпюры давлений показывают уменьшение давления к основанию стены, что противоречит не только приближенной теории Кулона, но и теории В. В. Соколовского. Прежде чем использовать криволинейные эпюры давлений засыпки в практике проектирования подпорных сооружений, необходимо изучение этого явления. Причин для уменьшения давлений на нижние части стен может быть несколько [4]: влияние основания, на которое уложена обратная засыпка; влияние сил трения между сползающей частью засыпки и неподвижной массой грунта; перемещение в сторону от засыпки нижних частей стен и др.

Вопрос о форме эпюр давлений грунта в зависимости от различных условий работы подпорной стены, который влияет на устойчивость системы грунт — подпорная стенка, требует дальнейших исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богомолов А. Н., Ушаков А. Н., Редин А. В. Программа «Устойчивость» для ПЭВМ: информационный листок о научно-техническом достижении № 312-96 / ЦНТИ. Волгоград, 1996.
2. Цветков В. К. Расчет рациональных параметров горных выработок : справ. пособ. М. : Недра, 1993. 251 с.
3. Чеботарев Г. П. Механика грунтов, основания и земляные сооружения. М. : Стройиздат, 1968. 590 с.
4. Клейн Г. К. Строительная механика сыпучих тел. М. : Стройиздат, 1977. 256 с.
5. Дуброва Г. А. Взаимодействие грунта и сооружений. М. : Речной транспорт, 1963. 219 с.

1. *Bogomolov A. N., Ushakov A.N., Redin A.V.* Programma "Ustoychivost" dlya PEVM: informatsionny listok o nauchno-tekhnicheskom dostizhenii № 312-96 / CNTI. Volgograd, 1996.
2. *Tsvetkov V. K.* Raschet ratsionalnykh parametrov gornykh vyrabotok : sprav. posob. M. : Nedra, 1993. 251 s.
3. *Chebotarev G. P.* Mekhanika gruntov, osnovaniya i zemlyanye sooruzheniya. M. : Stroyizdat, 1968. 590 s.
4. *Kleyn G. K.* Stroitel'naya mekhanika sypuchikh tel. M. : Stroyizdat, 1977. 256 s.
5. *Dubrova G. A.* Vzaimodeystvie grunta i sooruzheny. M. : Rechnoy transport, 1963. 219 s.

© Богомолова О. А., Фролов А. Ю., Цветков В. К., 2012

*Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.*

Ссылка для цитирования:

Богомолова О. А., Фролов А. Ю., Цветков В. К. Распределение напряжений в системе грунт — подпорная стенка // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 26—31.

УДК 624.131

**О. А. Богомолова, А. В. Ечевский, Б. С. Бабаханов, С. И. Шиян, А. В. Соловьев,
С. И. Махова, С. А. Калиновский**

МЕТОД РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ НАГРУЖЕННЫХ ОТКОСОВ И ЕГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Предложен инженерный метод расчета величины коэффициента запаса устойчивости однородного откоса, находящегося под действием равномерно распределенной нагрузки различной интенсивности, ширины, при различном ее положении на откосе. Приведены простые графики и формулы, позволяющие проводить вычисления с достаточной для инженерной практики степенью точности. Приводятся примеры расчета и результаты сопоставления расчетных данных с данными о поведении реального объекта в натуре и данными физического моделирования.

К л ю ч е в ы е с л о в а: инженерный метод расчета коэффициента запаса устойчивости нагруженного откоса, расчетные формулы и графики, примеры расчета, моделирование процесса разрушения нагруженных откосов.

Engineering calculation approach of stability factor size of the homogeneous slope under the influence of uniformly distributed load of various intensity and width, by it different state aslope is offered. Simple diagrams and formulas which allowed making the calculations with sufficient for engineering practice accuracy rate are deduced. Calculation examples and results of the design value comparison with the behavior of real object in nature data and with physical simulation data are entered.

К e y w o r d s: engineering approach of stability factor size of homogeneous slope, design formulas and diagrams, calculation example, destruction process modeling of loaded slopes.

В работах [1, 2] приведены результаты исследований устойчивости однородных нагруженных откосов, основанные на основе анализа процессов трансформации полей напряжений и перемещений в грунтовом массиве, обусловленных изменением величины главного вектора нагрузки при нагружении откоса (рис. 1 и 2).

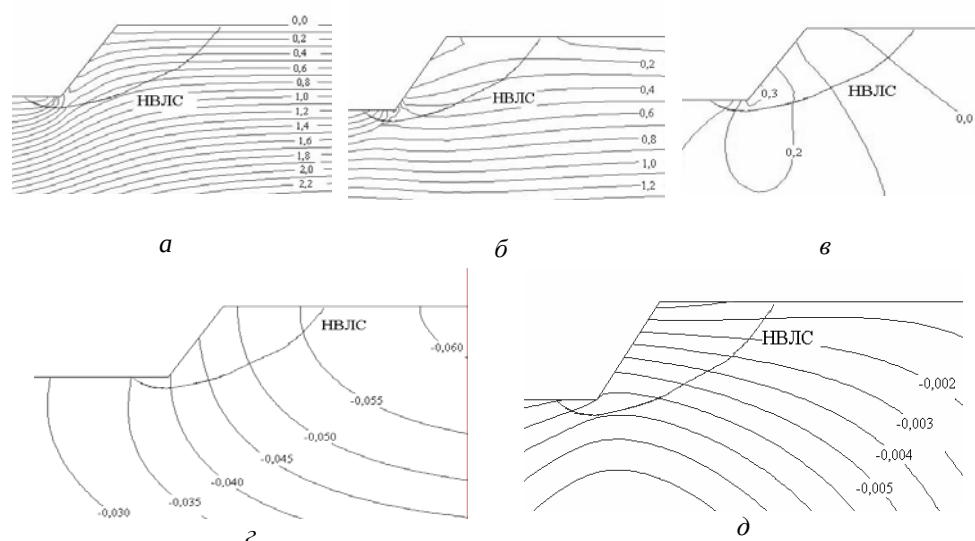


Рис. 1. Изолинии — компонент напряжений σ_z ; σ_x τ_{xz} (а—в) и перемещений (г; д) от действия сил гравитации

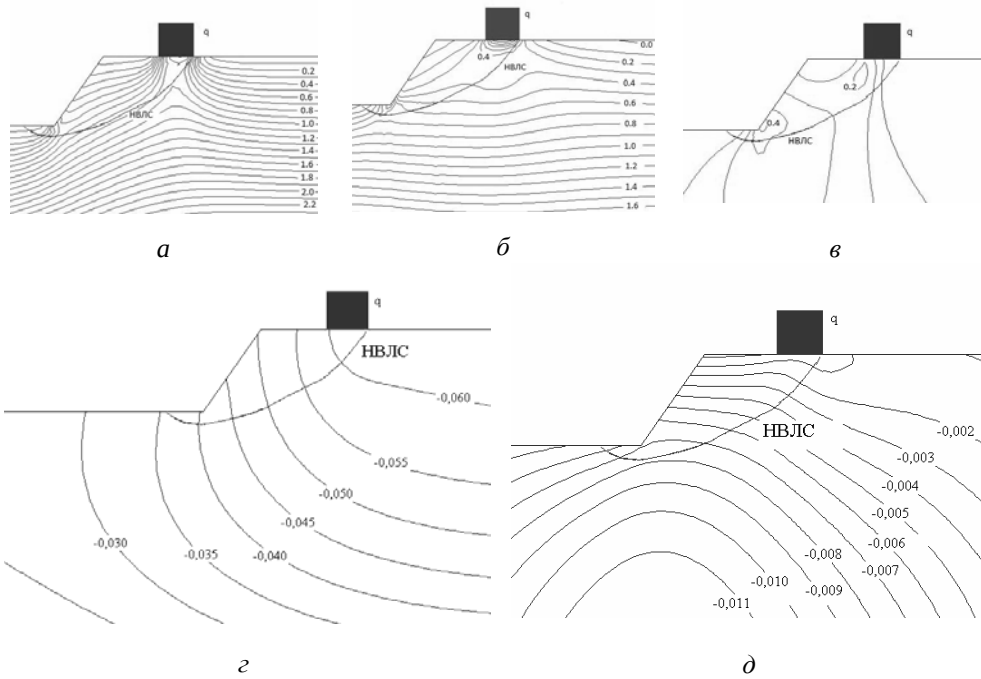


Рис. 2. Изолинии — компонент напряжений σ_z , σ_x , τ_{xz} (а—в) и перемещений (г, д) от действия сил гравитации и внешней нагрузки

Величина коэффициента запаса устойчивости в точке грунтового массива определяется как отношение работ удерживающих и сдвигающих сил, действующих в этой точке по наиболее вероятной площадке сдвига:

$$K_{mi} = \frac{A_{iуд}}{A_{исд}} = \frac{(F_{iуд}(\Delta_i - \delta_i) \cos \alpha_{iуд})}{(F_{исд}(\Delta_i - \delta_i) \cos \alpha_{исд})}, \quad (1)$$

где $F_{iуд}$, $F_{исд}$ — соответственно удерживающая и сдвигающая сила в i -й точке; Δ_i и δ_i — перемещение i -й точки грунтового массива от действия внешней нагрузки и собственного веса грунта и только от собственного веса грунта; $\alpha_{iуд}$, $\alpha_{исд}$ — углы между положительным направлением удерживающей и сдвигающей силы и направлением вектора полного перемещения соответственно в i -й точке массива.

Значения удерживающих и сдвигающих сил, входящих в формулу (1), определяются выражениями

$$F_{iуд} = \left[\frac{1}{2}(\sigma_z - \sigma_x) \cos 2\alpha_i + \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_z) + \tau_{xz} \sin 2\alpha_i + \sigma_{св} \right] \operatorname{tg} \varphi, \quad (2)$$

$$F_{исд} = \frac{1}{2}(\sigma_z - \sigma_x) \sin 2\alpha_i + \tau_{xz} \cos 2\alpha_i, \quad (3)$$

где σ_z , σ_x , τ_{xz} и α — соответственно безразмерные (деленные на γH) напряжения и угол наклона площадки сдвига в рассматриваемой точке грунтового

массива; $\sigma_{св} = C(\gamma H \operatorname{tg} \varphi)^{-1}$ — приведенное давление связности (C , φ , γ и H — соответственно удельное сцепление, угол внутреннего трения, удельный вес грунта и высота откоса).

Величина глобального коэффициента запаса устойчивости откоса, вычисленная для наиболее вероятной линии скольжения, определялась выражением

$$K = \frac{\int_0^l A_{уд}(S) ds}{\int_0^l A_{сд}(S) ds}, \quad (4)$$

где S — дуговая координата точки на наиболее вероятной линии скольжения.

Все вычисления выполнены при помощи компьютерной программы [3], в которой для определения полей напряжений и перемещений формализован метод конечных элементов, а для построения наиболее вероятной линии скольжения — метод профессора В. К. Цветкова [4].

В результате обработки результатов расчетов для однородных откосов с углами заложения $\beta \in [25^\circ\text{—}55^\circ]$ установлено, что при любой величине интенсивности равномерно распределенной нагрузки q , любой ее ширине b и при любом ее расстоянии от бровки откоса d численное значение величины коэффициента запаса устойчивости может быть вычислено по формуле

$$K = k_1 k_2 a q^{-b}, \quad (5)$$

где k_1 ; k_2 ; a ; b — безразмерные коэффициенты, определяемые в зависимости от геометрических параметров откоса (угла β) и нагрузки (размеров b и d) и физико-механических свойств грунта (угла внутреннего трения φ и приведенного давления связности $\sigma_{св}$), слагающего откос, по графикам, приведенным на рис. 3 и 4, а q — безразмерная (в долях γH) интенсивность равномерно распределенной нагрузки.

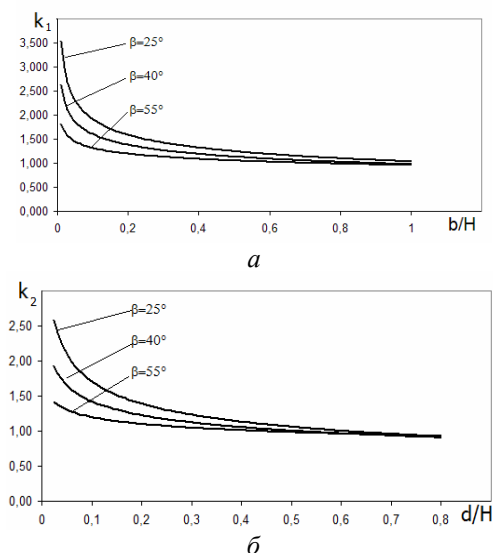


Рис. 3. Графики для определения коэффициентов k_1 (а) и k_2 (б)

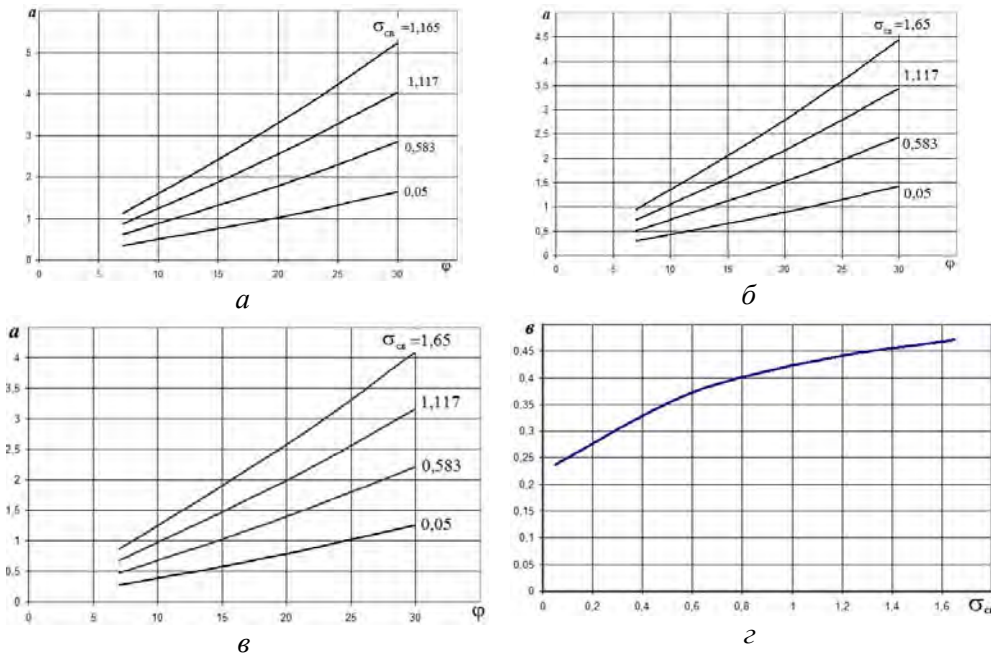


Рис. 4. Графики зависимостей $a=f(\varphi)$ при $\beta=25^\circ$ (а); $\beta=40^\circ$ (б); $\beta=55^\circ$ (в) и график зависимости $b=f(\sigma_{св})$ для любых значений β и φ (г)

Для обоснования возможности использования предлагаемого инженерного метода для расчета устойчивости нагруженных откосов рассмотрим следующие примеры

Пример № 1. Рассмотрим прямолинейный откос высотой $H = 20$ м с углом заложения $\beta = 47^\circ$, сложенный однородным связным грунтом, имеющим объемный вес $\gamma = 2$ т/м³, угол внутреннего трения $\varphi = 23^\circ$, удельное сцепление $C = 25$ кПа, коэффициент бокового давления грунта $\xi_0 = 0,75$, что отвечает его среднему значению для глинистых грунтов [5], а модуль деформации $E_0 = 15$ МПа [6]. Откос нагружен внешней равномерно распределенной нагрузкой интенсивности $q_p = q_{внеш} / \gamma H = 1,35$, которая приложена на расстоянии $d = 0,6H = 12$ м от его бровки, ширина нагруженного участка $b = 0,4H = 8$ м.

Расчетная схема МКЭ состоит из 6216 конечных элементов, сопряженных в 12100 узлах, при этом матрица жесткости системы имеет ширину 126.

Использование метода линейной интерполяции, графиков, приведенных на рис. 3—4, и формулы (5) позволило получить численное значение соответствующей величины коэффициента запаса устойчивости, равное $K = 1,16$. Величина коэффициента запаса устойчивости, вычисленная непосредственно при помощи компьютерной программы [3], оказалась равной $K_{[3]} = 1,08$. Таким образом, их отличие составляет 6,9 %, что является допустимой степенью точности при проведении инженерных расчетов.

Пример № 2. Как и в предыдущем примере высота откоса $H = 20$ м, угол его заложения $\beta = 55^\circ$, объемный вес грунта $\gamma = 2$ т/м³, угол внутреннего трения $\varphi = 22^\circ$, а удельное сцепление $C = 0,0091$ кПа. Модуль деформации $E_0 = 50$ МПа. Откос нагружен равномерно распределенной нагрузкой интен-

сивности $q_p = q_{\text{внеш}} / \gamma H = 1,0$, шириной $b = 0,3H = 6$ м, которая приложена на расстоянии $d = 0,4H = 8$ м от его бровки.

Выполняя те же процедуры, что и в предыдущем случае, определим $K = 1,55$. Расчет по программе [3] дает результат $K_{[3]} = 1,43$. Разница равна 7,7 %.

Пример № 3. Пусть высота откоса останется прежней $H = 20$ м, а угол заложения изменим на $\beta = 25^\circ$, объемный вес грунта $\gamma = 2$ т/м³, угол внутреннего трения $\varphi = 12^\circ$, удельное сцепление $C = 0,0367$ МПа. Откос нагружен равномерно распределенной нагрузкой интенсивности $q_p = q_{\text{внеш}} / \gamma H = 0,8$, шириной $b = 0,1H = 2$ м, которая приложена на расстоянии $d = 0,6H = 8$ м от его бровки. Проведя те же вычисления, что и ранее, получим $K = 1,43$ и $K_{[3]} = 1,53$; разница составляет 6,5 %.

Изменив угол заложения откоса на $\beta = 40^\circ$, интенсивность внешнего воздействия на $q_p = q_{\text{внеш}} / \gamma H = 0,9$, и оставив все остальные расчетные параметры без изменения, проведем повторные вычисления и определим, что $K = 1,21$ и $K_{[3]} = 1,3$; разница составляет 6,9 %.

Пример № 4. В работе [7] описаны эксперименты по разрушению нагруженных откосов, выполненные на моделях из эквивалентных материалов, в качестве которых использовались:

1. Смесь речного песка с машинным маслом в процентном соотношении 97 % к 3 %. Физико-механические характеристики этой смеси при уплотнении, обусловленном только гравитацией и соответствующие толщине слоя 0,2...0,25 м, следующие: объемный вес $\gamma = 1,55$ т/м³; удельное сцепление $C = 0,49$ МПа; угол внутреннего трения $\varphi = 24^\circ$.

2. Желатиногель ХС, выдубленный в растворе формальдегида. Физико-механические характеристики желатиногеля следующие: при весовой концентрации желатина 30 % $\gamma = 1,15$ т/м³; $C = 72$ МПа; $\varphi = 25,5^\circ$, а при весовой концентрации желатина 15 % $\gamma = 1,078$ т/м³; $C = 34,8$ МПа; $\varphi = 13,5^\circ$.

Численные значения величин удельного сцепления и углов внутреннего трения получены путем стандартных испытаний образцов-близнецов при быстром сдвиге в сдвиговом приборе ВСВ-25.

Величина коэффициента бокового давления материалов моделей была установлена методом протаскивания вертикально и горизонтально расположенных стальных лент в лотке, заполненном исследуемым материалом (К. Терцаги, 1920—1925). Статистическая обработка полученных результатов показала, что среднее значение данного коэффициента примерно равно 0,75.

Суть экспериментов состоит в следующем.

1. Из *песчано-масляной смеси* формировались модели однородных откосов со следующими параметрами: $\beta = 75^\circ$, $H = 0,3$ м, ширина модели 0,6 м. Нагружение модели проводилось при помощи прямоугольного сосуда размерами в плане 0,6×0,5 м, последовательно устанавливаемого на расстоянии $b = 0; 0,25H; 0,5H$ от края модели и наполняемого водой. Суммарный вес воды и сосуда, соответствующий моменту разрушения модели, отнесенный к площади основания последнего, определил величину интенсивности равномерно распределенной разрушающей (предельно допустимой) нагрузки в каждом отдельном случае.

При $b = 0$ среднее значение (по результатам 10 опытов) интенсивности разрушающей нагрузки $q_p = 1,839 \cdot 10^3 \text{ Па} = 0,365 \gamma H$, при $b = 0,25H$ $q_p = 7,8 \cdot 10^2 \text{ Па} = 0,177 \gamma H$, а при $b = 0,5H$ $q_p = 139 \cdot 10^2 \text{ Па} = 0,314 \gamma H$.

Расчеты устойчивости этих моделей по предлагаемой нами методике дают следующие численные значения коэффициентов запаса для каждого из трех вариантов $K_1 = 1,11$; $K_2 = 0,99$; $K_3 = 1,02$.

Как видно, все три значения отличаются друг от друга и от предельного значения, равного единице, не более чем на 11 %, что и соответствует предельному состоянию (разрушению) моделей при данных значениях внешней нагрузки.

2. Модели из желатиногеля ХС формировались в разборных формах из органического стекла и имели следующие параметры: высота моделей $H = (9,5-12,5) \cdot 10^{-2} \text{ м}$, угол заложения модели откоса $\beta = 75^\circ$, величина приведенного давления связности находилась в интервале значений $\sigma_{св} \in [92 \dots 158]$.

Модели нагружались в тех же формах, внутренняя поверхность которых предварительно смазывалась техническим вазелином.

Вертикальное усилие передавалось при помощи винта на твердый штамп из оргстекла, установленный на расстоянии $b = 0,4H$ от бровки модели откоса. Величина усилия измерялась динамометром ДОСМ-3-1.

Всего проведено разрушение десяти моделей, во время проведения экспериментов фиксировались величины разрушающих усилий и зарисовывались поверхности разрушения.

Так, для модели, изготовленной из желатиногеля ХС при концентрации желатина 30 %, величина интенсивности разрушающего воздействия оказалась равной $q_p = 245 \gamma H$, а для модели, имеющей в своем составе 15 % желатина, $q_p = 280 \gamma H$. Оба значения отличаются друг от друга и от предельной величины $K = 1$ не более чем на 11 %, что и соответствует предельному состоянию (разрушению) моделей при данных значениях внешней нагрузки.

Численные значения коэффициентов запаса устойчивости, вычисленные на основе наших предложений, оказались соответственно равными $K_{30} = 1,08$ и $K_{15} = 1,1$. Как видно, и в этом случае оба значения отличаются друг от друга и от предельной величины $K = 1$ на 8 % и 10 %.

На рис. 5 изображены наиболее вероятные поверхности разрушения, полученные теоретически и экспериментально: 1 — линия скольжения, образующаяся в модели из желатиногеля ХС (концентрация желатина 30 %, $\beta = 75^\circ$; $\sigma_{св} = 107,5$), нагруженной равномерно распределенной нагрузкой $q_p = 1,32 \text{ МПа}$, шириной $b = 0,5H$, приложенной на расстоянии $d = 0,4H$ от бровки модели откоса; 1' — теоретически полученная линия скольжения для данной модели; 2 — линия скольжения, образующаяся в модели из песчано-масляной смеси ($\sigma_{св} = 0,25$; $\beta = 75^\circ$), находящейся под действием только сил гравитации; 2' — получена теоретически для данной модели путем расчета на компьютере при помощи программы [3]. Из рисунка видно, что линии скольжения, полученные теоретически и экспериментально, практически совпадают.

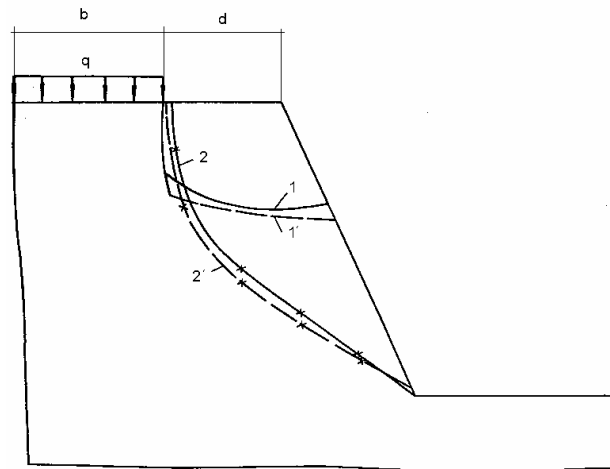


Рис. 5. Теоретические и экспериментальные линии скольжения в моделях из эквивалентных материалов (по данным [7])

Пример № 5. В работе [8] описывается случай образования оползня в районе Лейпциг-Зейц (Германия) на карьере Цинзендорф в экскаваторном уступе с углом заложения $\beta = 36^\circ$, который привел к аварии отвалного моста. Грунты, слагающие тело оползня, представляли собой ленточные глины с содержанием 42,9...58,5 % ила и глины 30,6...43,5 %, с влажностью 25,3 %. Консистенция глин была мягкопластичной, а способность восприятия влаги 57 и 134,4 %. При этом угол внутреннего трения грунта $\varphi = 21^\circ$, удельное сцепление $C = 1,72 \cdot 10^4$ Па, величина коэффициента бокового давления $\xi_o = 0,75$. Интенсивность внешней нагрузки, создаваемой экскаватором, $q = 4,41 \cdot 10^3$ Н/м². Экскаватор находился у вершины откоса, что соответствует ширине бермы безопасности $d = 0$, а ширина его базы (ширина нагрузки) $b = 7$ м.

В результате расчета данного объекта методом К. Терцаги [9], проведенного автором работы [8], величина коэффициента запаса устойчивости определена $K_{\text{Тер}} = 1,19$.

Использование предложений Н. Н. Потаповой [2] приводит к результату $K_{\text{Пот}} = 0,9$.

Расчет по методу В. К. Цветкова [4] позволяет получить значение $K_{\text{Цв}} = 0,87$.

Расчет по предлагаемой методике при помощи компьютера приводит к результату $K_{\text{пр}}^K = 0,97$. Использование метода линейной интерполяции графиков, приведенных на рис. 2—5, дает расчетное значение величины коэффициента запаса устойчивости, равное $K_{\text{пр}}^{\text{гр}} = 1,009$. Отметим, что последние два значения отличаются от 1 всего на 3 % и 1 %.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Предложен инженерный метод расчета устойчивости однородных откосов, нагруженных равномерно распределенной нагрузкой различной ширины и интенсивности при различном ее положении на откосе. Метод включает про-

стые формулы и графики, которые позволяют с достаточной для инженерной практики степенью точности проводить вычисления. Численные значения величин коэффициентов запаса устойчивости, вычисленные непосредственно при помощи ПЭВМ, отличаются от соответствующих значений, определенных при помощи предлагаемых формул и графиков, не более чем на 7 %.

2. Анализ результатов проведенных нами сопоставительных расчетов показал, что:

значения коэффициентов запаса устойчивости разрушившегося («перешедшего» в предельное состояние ($K=1$)) реально существовавшего нагруженного откоса определены равными $K_{пр}^K = 0,97$ и $K_{пр}^{гр} = 1,009$, т. е. отличаются от единицы на 3 % и 1 %;

теоретически найденные численные значения коэффициентов запаса устойчивости разрушенных в процессе физического моделирования моделей откосов из эквивалентных материалов отличаются от критического значения $K = 1$ не более чем на 11 %.

Это позволяет рекомендовать предложенный инженерный метод для практического использования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богомолов А. Н. Расчет устойчивости нагруженных откосов на основе использования принципа возможных перемещений // Фундаменты глубокого заложения и проблемы освоения подземного пространства : материалы Международной конф. Пермь : ПНИПУ, 2011. С. 350—355.
2. Потапова Н. Н. Оценка устойчивости грунтовых откосов и несущей способности оснований сооружений на основе анализа распределения напряжений и перемещений : дисс... канд. техн. наук. Волгоград : ВолгГАСА, 2001. 205 с.
3. Богомолов А. Н. Устойчивость (напряженно-деформированное состояние) // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009613499 от 30 июня 2009 г.
4. Цветков В. К. Расчет устойчивости откосов и склонов. Волгоград : Нижне-Волжское книжное издательство, 1979. 235 с.
5. Вялов С. С. Реологические основы механики грунтов. М. : Высш. шк., 1978. 447 с.
6. Каган А. А. Расчетные характеристики грунтов. М. : Стройиздат, 1985. 243 с.
7. Богомолов А. Н., Цветков В. К., Новоженкин А. А. Расчет устойчивости однородных нагруженных откосов // Повышение эффективности и надежности транспортных объектов : тр. Межвуз. темат. сб. Вып. 183. Ростов н/Д : РИИЖТ, 1985. С. 84—88.
8. Мочак Г. Оползни в результате имеющихся поверхностей скольжения и контактов слоев в ледниковых отложениях // Материалы совещания по вопросам изучения оползней и мер борьбы с ними. Киев, 1964. С. 53—57.
9. Terzaghi K., Peck R. Cholanreza Mesri. Soil Mechanics in Engineering Practice. Third Edition. 1995. 549 p.
1. Bogomolov A. N. Raschet ustoychivosti nagruzhennykh otkosov na osnove ispolzovaniya printsipa vozmozhnykh peremeshcheni // Fundamenty glubokogo zalozheniya i problemy osvoeniya podzemnogo prostranstva : materialy Mezhdunarodnoi konf. Perm: PNIPU, 2011. S. 350—355.
2. Potapova N. N. Otsenka ustoychivosti gruntovykh otkosov i nesushchei sposobnosti osnovani sooruzheni na osnove analiza raspredeleniya napryazheni i peremesheni : diss... kand. tekhn. nauk. Volgograd : VolgGASA, 2001. 205 s.
3. Bogomolov A. N. Ustoychivost (napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie) // Svidetelstvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EVM № 2009613499 ot 30 iyunya 2009 g.
4. Tsvetkov V. K. Raschet ustoychivosti otkosov i sklonov. Volgograd : Nizhne-Volzhscoe knizhnoe izdatelstvo. 1979. 235 s.
5. Vylov S. S. Reologicheskie osnovy mekhaniki gruntov. M. : Vysh. shk., 1978. 447 s.
6. Kagan A. A. Raschetnye kharakteristiki gruntov. M. : Stroyizdat, 1985. 243 s.

7. Bogomolov A. N., Tsvetkov V. K., Novozhenin A. A. Raschet ustoychivosti odnorodnykh nagruzhennykh otkosov // Povyshenie effektivnosti i nadezhnosti transportnykh obektov : tr. Mezhevuz. temat. sb. Vyp. 183. Rostov n/D: RIIZhT, 1985. S. 84—88.

8. Mochak G. Opolzni v rezultate imeyushchihsya poverkhnostei skolzheniya i kontaktov sloev v lednikovyykh otlozheniyakh // Materialy soveshchaniya po voprosam izucheniya opolznei i mer borby s nimi. Kiev, 1964. S. 53—57.

9. Terzaghi K., Peck R. Cholanreza Mesri. Soil Mechanics in Engineering Practice, Third Edition. 1995. 549 p.

© Богомолова О. А., Ечевский А. В., Бабаханов Б. С., Шиян С. И., Соловьев А. В.,
Махова С. И., Калиновский С. А., 2012

*Поступила в редакцию
в ноябре 2011 г.*

Ссылка для цитирования:

Метод расчета устойчивости нагруженных откосов и его экспериментальное обоснование / О. А. Богомолова, А. В. Ечевский, Б. С. Бабаханов, С. И. Шиян, А. В. Соловьев, С. И. Махова, С. А. Калиновский // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 32—40.

УДК 621.643.053:624.042.7(204.1)

Л. В. Муравьева**ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЙ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В ВОДНОМ ПОТОКЕ НА ИХ ПРОЧНОСТЬ**

Цель расчета усталости заключается в том, чтобы проверить, соответствует ли конструкция требуемой долговечности. Чтобы гарантировать, что конструкция соответствует требованиям, необходимо выполнение оценки усталости, в случае необходимости — детального расчета усталости всех ее элементов, которые подвергаются циклическим воздействиям. Длительное распределение воздействий (распределение диапазонов напряжения) может быть оценено на основании детерминированного или спектрального методов анализа.

К л ю ч е в ы е с л о в а: морской подводный трубопровод, расчет на усталость, спектральный метод.

The aim of fatigue calculation is include in the test on the conformance of the construction with the required life. The performance of fatigue assessment (in need of case — detailed fatigue calculation of all it elements which are exposed cyclic influence) is required for guarantee of conformance to requirements. The longtime failure governing stress distribution of strain band sharing is appreciable on deterministic or spectral methods analysis.

K e y w o r d s: sealine, fatigue calculation, spectral method.

Колебания трубопроводов при обтекании их установившимся потоком жидкости обуславливается переменной во времени и направлении гидродинамической силой, возникающей вследствие срыва вихрей с поверхности трубы. При возникновении колебаний происходит периодическое изменение упругой линии стержня по сравнению с положением этой линии в спокойном состоянии.

Амплитуда колебаний может изменяться от нулевых значений до максимальных, соответственно изменяется и величина «дополнительных» напряжений в сечениях колеблющегося стержня. Величина «дополнительных» напряжений характеризуется так называемой «парой» $\sigma_g(\max)$ и $\sigma_g(\min)$ — максимальными и минимальными напряжениями колебательного цикла. Напряжения, определяемые в сечении трубопровода, включают как статическую σ_0 , так и динамическую σ_d составляющие.

При динамическом времени колебательного процесса и соответственно длительном действии напряжений $\sigma_{g \frac{\min}{\max}}$ в материале накапливаются так

называемые усталостные изменения характеристик прочностных свойств.

Амплитудное значение напряжений, порождаемое амплитудой перемещений $A_y = D$ ($A_z = D$) при колебаниях свободного пролета трубопровода вдоль/поперек потока, может быть вычислено по формуле

$$A_{IL/CF} = C_4(1 + CSF) \frac{D(D_s - t)E}{L_{eff}^2}, \quad (1)$$

где D_s — диаметр стальной трубы; D — наружный диаметр трубы (включая любое покрытие); t — толщина стенки стальной трубы; C_4 — коэффициент граничных условий.

Согласно нормативным требованиям, при расчете на усталость должны учитываться:

циклы нагружения, вызванные стесненностью температурных деформаций в процессе эксплуатации;
 вибрация, вызываемая срывом вихрей от подводных течений;
 периодические волновые нагрузки.

Основное допущение, обычно принимаемое при исследовании усталости в условиях действия спектра нагрузок, заключается в том, что воздействие циклических напряжений некоторой заданной амплитуды (размаха) определяется числом циклов воздействия напряжений этой амплитуды (размаха), а также полным числом таких циклов до разрушения неповрежденного образца. Далее предполагается, что возникшие повреждения остаются неизменными и воздействие в некоторой последовательности напряжений различной амплитуды (размаха) приводит к накоплению повреждений, причем полная поврежденность равна сумме приращений поврежденности, производимых воздействием напряжений каждой отдельной амплитуды (размаха). Когда полная накопленная поврежденность достигнет некоторой критической величины, происходит усталостное разрушение. Хотя указанный подход в принципе достаточно прост, на практике возникают серьезные трудности, поскольку не ясно, как правильно оценить поврежденность, вызываемую воздействием напряжений некоторой заданной амплитуды (размаха) S_i в течение определенного количества циклов n_i .

К настоящему времени предложено много гипотез накопления повреждений, которые позволяют определить поврежденность при воздействии напряжения некоторой заданной амплитуды (размаха) и просуммировать приращения поврежденности для оценки возможности разрушения при воздействии спектра нагрузок. На практике наибольшее распространение получила гипотеза Пальмгрена — Майнера (правило линейного суммирования повреждений), которая может быть описана с помощью кривой усталости [1].

Прочность трубопровода должна проверяться по усталостному критерию на базе линейной гипотезы суммирования усталостных повреждений:

$$D = \sum_{j=1}^m \frac{n_j (\Delta \sigma_j)}{N_j (\Delta \sigma_j)} \geq 1/n_y, \quad (2)$$

где m — количество режимов нагружения; $n_j (\Delta \sigma_j)$ — количество циклов нагружения для каждого режима; $N_j (\Delta \sigma_j)$ — соответствующие точки кривой усталости материала труб для каждого режима; $\Delta \sigma_j$ — изменение напряжений за цикл нагружения, определяемое как алгебраическая разность наибольшего и наименьшего напряжений за цикл, МПа; n_y — коэффициент запаса, принимаемый в соответствии с [1, табл.].

Проверка на ограниченный предел усталости выполняется в зависимости от числа циклов и амплитуды колебаний внутреннего давления в трубопроводе.

Величина σ_0 постоянна, а σ_a изменяет свою величину в зависимости от амплитуды колебаний. Соответственно изменяется и полная величина напряжений. Полное напряжение изменяется дважды в один период колебаний от

$(\sigma_0 + \sigma_{q \max})$ до $(\sigma_0 + \sigma_{q \min})$. При этом в каждом последующем периоде $\sigma_{q \max}$ и $\sigma_{q \min}$ уменьшаются по мере затухания колебаний. Если в какой-то момент времени создаются условия возникновения резонанса, то колебания становятся незатухающими и $(\sigma_0 + \sigma_{q \max})$ и $(\sigma_0 + \sigma_{q \min})$ остаются постоянными. Таким образом, в трубопроводе действуют переменные напряжения.

Предельные кривые для ограниченного предела усталости и предела выносливости при постоянной амплитуде колебаний давления показаны на рис. 1. Эти кривые Велера отражают влияние материала, формы и способов сварки труб [2].

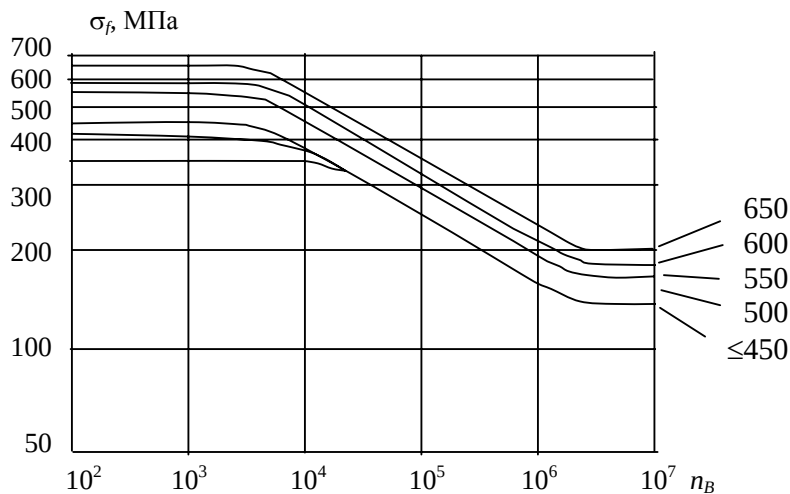


Рис. 1. Кривые усталости для стальных труб, сваренных под слоем флюса

Допускаемое напряжение $[\sigma]$ принимается на основании кривых усталости (рис. 2) для числа циклов нагружений до разрушения n_B .

$$n_B = K_n n, \quad (3)$$

где n — предполагаемое число циклов нагружения за период эксплуатации; K_n — коэффициент запаса по числу циклов.

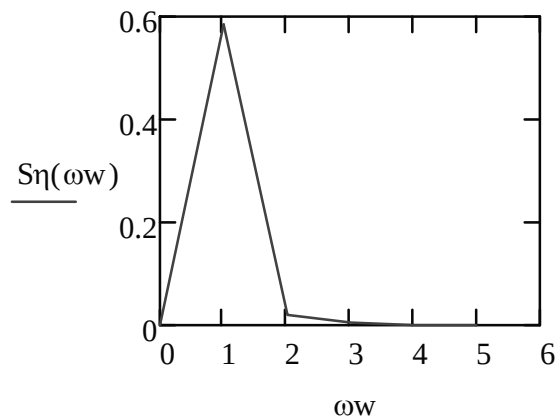


Рис. 2. Спектр линеаризованной удельной нагрузки

Для обычных нормальных условий эксплуатации $K_n = 5$. Более высокий коэффициент запаса рекомендуется при особых коррозионноопасных условиях или возможности других повреждений поверхности трубопровода.

При расчете по пределу выносливости допускаемое напряжение

$$[\tilde{\sigma}] = \frac{\sigma_{\text{end}}}{K_{\text{end}}}, \quad (4)$$

где σ_{end} — предел выносливости; K_{end} — коэффициент запаса по выносливости ($K_{\text{end}} = 5,5$, класса трубопровода G3 [3]).

В зависимости от числа колебаний определяются напряжения, при которых возможно усталостное разрушение трубопровода. Это напряжение может оказаться значительно меньше контролируемого $[\tilde{\sigma}]$.

В последние годы для прогнозирования усталостной долговечности при случайном нагружении все шире используются методы, базирующиеся на рассмотрении процесса усталостного разрушения и влияющих на него факторов с вероятностной точки зрения.

Морское ветровое волнение является случайным процессом. Статистические характеристики морского волнения описывают его внешние проявления, не затрагивая физики процесса. Как показывают исследования многих авторов, выполненные на разных акваториях, процесс волнообразования можно представить согласно спектральной теории централизованных стационарных эргодических процессов в виде функции частотных спектров волнения.

Спектральный метод оценки усталости. С позиции инженерных расчетов напряженно-деформированного состояния морских сооружений на экстремальное воздействие волн принят спектр (Пирсона — Московича) линеаризованной удельной нагрузки на глубине в форме

$$S_{\eta}(\omega) = \alpha h_1^2 \tau \left(\frac{\omega}{\omega_m} \right)^{-7} \exp \left(-\beta \left(\frac{\omega}{\omega_m} \right)^{-4} \right), \quad (5)$$

где α, β — коэффициенты, определяемые по [3]; ω — частота волн; ω_m — средняя частота волнения; h_1 — преобладающая высота волны.

Расчет нагрузок от волнового воздействия выполняется на основании определения удельной горизонтальной нагрузки, действующей в любой момент времени на подводный трубопровод:

$$a = \frac{1}{2} \rho_w D_{tr} C_v; \quad (6)$$

$$b = \frac{1}{4} \rho_w \pi C_I D_{tr}^2, \quad (7)$$

где D_{tr} — наружный диаметр трубы, м; ρ_w — плотность морской воды кг/м³; C_v, C_I — соответственно коэффициенты лобового и инерционного сопротивления.

Линеаризованное выражение удельной волновой нагрузки на морской трубопровод на глубине z как случайной функции будет иметь вид

$$A = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \rho_w D_{tr} C_v \sigma_x^v(z). \quad (8)$$

Спектр распределения энергии на основании волнового спектра

$$S_\sigma(\omega | H_s, T_s, \theta) = |H_\sigma(\omega | \theta)|^2 S_\eta(\omega | H_s, T_s), \quad (9)$$

где $H_\sigma(\omega | \theta)$ — передаточная функция.

Спектральный момент волновой функции в зависимости от направления волн

$$m_n = \int_0^\infty \sum_{\theta'=\theta-90}^{\theta'+90} \left(\frac{2}{\pi} \right) \cos^2 \theta' \omega^n S_\sigma(\omega | H_s, T_s, \theta) d\omega, \quad (10)$$

где θ_{rel} — курсовой угол потока относительно трубы.

Частота вибраций трубопровода согласно

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m_2}{m_0}}, \quad (11)$$

где m_0, m_2 — спектральные моменты.

Краткосрочное повреждение, полученное в i -th состоянии среды, где m, A — параметры кривой усталости $S-N$

$$D_i = \left(\frac{T}{A} \right) \int_0^\infty (k_t k_{ms} k_h s)^m f_{0i} p_i g_i ds, \quad (12)$$

где k_h — коэффициент, учитывающий растяжение стали, применяется к основному материалу; k_t — коэффициент влияния толщины, который не применим к продольным жестким подкладкам; k_{ms} — коэффициент среднего напряжения.

Суммарное повреждение D_i по всем состояниям волновой нагрузки с учетом курсовых углов

$$D = (k_h k_t k_{ms})^m \left(\frac{f_0 T}{A} \right) \int_0^\infty s^m \left[\sum_{i=1}^M f_{0i} p_i g_i / f_0 \right] ds. \quad (13)$$

Полное кумулятивное повреждение

$$D = (k_h k_t k_{ms})^m \left(\frac{N_T}{A} \right) \int_0^\infty s^m g(s) ds. \quad (14)$$

Если общее количество циклов N_T соответствует требуемому сроку службы объекта 50 лет, расчетная долговечность равна $50/D$.

Конструктивная схема прокладки трубопровода — незаглубленная, из условий обеспечения общей устойчивости трубопровода диаметром

$D_n=52,9$ см, принята толщина стенки трубопровода $\delta =12$ мм. Минимальный предел прочности стали 412 МПа (42кгс/мм^2), минимальный предел текучести — 245 МПа. Допускаемые напряжения в металле труб $\sigma = 158,85$ МПа. Составляющие: $a = 0,206$, $b = 0,406$.

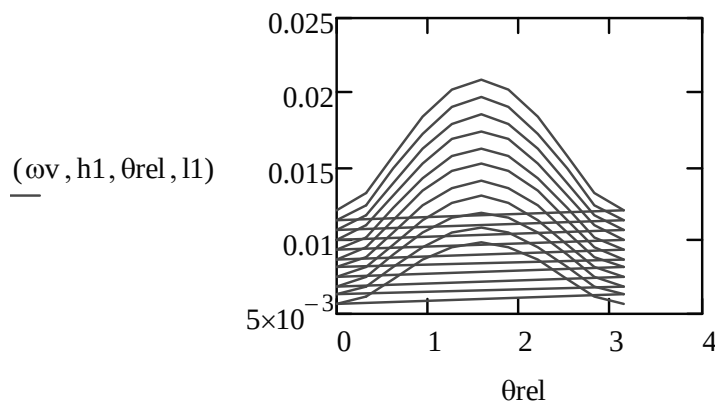


Рис. 3. Гидродинамическое воздействие при различных кутсовых углах, обтекании трубопровода потоком θ_{rel}

Напряженно-деформированное состояние конструкции определялось с применением МКЭ. Максимальные напряжения составляют 231,44 МПа для участка незаглубленного трубопровода.

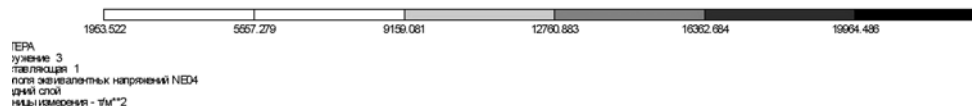


Рис. 4. Форма колебаний трубопровода в водном потоке

Критериями прочности конструкции трубопровода являются эквивалентные напряжения, которые следует определять по уравнению Мизеса (1). Суммарное повреждение D_i по всем состояниям волновой нагрузки $D = 0,514$ ($T = 97$ лет, $A = 1,016 \cdot 10^{11}$), при изменении класса материала $D = 0,026$ ($T = 38,4$ лет, $A = 1,574 \cdot 10^{14}$). Расчеты выполнены на основании данных по усталостным характеристикам металла труб [4]. Расчет выполнен только для волновых нагрузок, действующих на трубопровод, влияние технологических параметров транспортировки не

рассматривалось. Представленный метод расчета показывает необходимость уточнения нормативных требований по учету усталостной прочности морских трубопроводов и с позиции конструктивных решений — заглублений подводных трубопроводов в местах выхода на береговые станции для защиты от циклического волного воздействия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила классификации и постройки морских подводных трубопроводов. СПб, 2009.
2. Мазур И. И., Иванцов О. М. Безопасность трубопроводных систем. ИЦ «Елима», 2004. 1104 с.
3. Бородавкин П. П., Березин В. Л., Шадрин О. Б. Подводные трубопроводы М. : Недра, 1979.
4. Recommended Practice Dnv-Rp-C203 Fatigue Design Of Offshore Steel Structures, 2011. 142 p.
1. Pravila klassifikatsii i postroiki morskikh podvodnykh truboprovodov. SPb, 2009.
2. Mazur I. I., Ivantsov O. M. Bezopasnost truboprovodnykh sistem. ITS «Elma», 2004. 1104 s.
3. Borodavkin P. P., Berezin V. L., Shadrin O. B. Podvodnye truboprovody. M. : Nedra, 1979.
4. Recommended Practice Dnv-Rp-C203 Fatigue Design Of Offshore Steel Structures, 2011. 142 p.

© Муравьева Л. В., 2012

Поступила в редакцию
в январе 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Муравьева Л. В. Влияние колебаний подводных трубопроводов в водном потоке на их прочность // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 41—47.

УДК 539.3

Х. П. Культербаев, Т. Ю. Чеченов, Т. М. Барагунов**ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ КОНТИНУАЛЬНО-ДИСКРЕТНОЙ БАЛКИ ПРИ УЧЕТЕ ИНЕРЦИОННЫХ СИЛ ВРАЩЕНИЯ**

Рассматриваются вынужденные поперечные колебания многопролетной балки с присоединенными сосредоточенными массами при учете инерционных сил вращения. Получена математическая модель колебаний в виде трех систем дифференциальных уравнений. Первая система описывает колебания непрерывных участков балки, вторая и третья — линейные и угловые перемещения дискретных сосредоточенных масс. Найдена вектор-функция перемещений при гармонических возмущениях.

К л ю ч е в ы е с л о в а: вынужденные колебания, дискретно-континуальная система, гармонические возмущения, инерционные силы.

Forced lateral oscillations of the multispan beam with added lumped masses allowing for inertial forces of the rotation are considered. The mathematical model of oscillations in the form of three differential equation systems is obtained. The first system is described oscillations of continuous parts of beam, the second and the third — linear and angular movements of discrete concentrated masses. The vector-function of movements by harmonic disturbances is found.

Key words: forced oscillations, discrete and continual system, harmonic disturbances, inertial forces.

Хотя балки с присоединенными сосредоточенными массами имеют широкое распространение, их колебания изучены слабо. В последнее время интерес к ним повышается [1—3].

Рассмотрим установившийся режим поперечных колебаний такой балки (рис. 1), состоящей из пролетов (участков), каждый размером l_i ($i = 1, 2, \dots, n$), площадью сечения S_i , осевым моментом инерции поперечного сечения J_i , изготовленных из материала с модулем упругости E , плотностью ρ , при коэффициенте вязкого трения η . На балке расположены сосредоточенные массы M_i ($i = 1, 2, \dots, N$; $N = n + 1$) с осевыми моментами инерции I_i . Балка поддерживается упругими опорами с коэффициентами жесткости c_i и демпферами с соответствующими коэффициентами линейно-вязкого сопротивления v_i . Каждая пара из упругой опоры и демпфера расположена на общем основании, автономном по отношению к другим. В продольном направлении балка растягивается (сжимается) силой P . Источниками колебаний балки являются поперечные сосредоточенные силы $F_i(t)$.

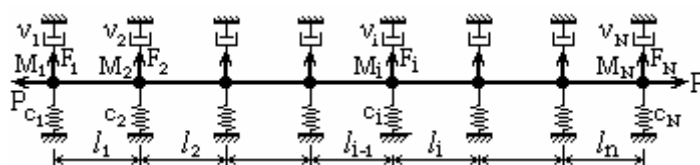


Рис. 1

Положение континуальных участков будем определять с помощью вектор-функции векторного и скалярного аргументов $u(x, t)$, соответствующей смещениям балки в поперечном направлении, t — время. При этом использу-

ется локальная система пространственных координат $x_i \in [0, l_i]$ с началом на левом конце каждого участка. Компоненты вектора $\mathbf{u}$ соответствуют пролетам между опорами.

Положения сосредоточенных масс определяются линейными координатами $y(t)$, отсчитываемыми по вертикали от положения статического равновесия. Рассмотрим установившийся режим колебаний. Математическая модель поперечных колебаний будет в виде трех систем дифференциальных уравнений [1].

$$\mathbf{B} \times \mathbf{u}^{IV} - \mathbf{P} \mathbf{u}'' - \mathbf{R} \times \ddot{\mathbf{u}} + \mathbf{m} \times \ddot{\mathbf{u}} + \eta \mathbf{m} \times \dot{\mathbf{u}} = 0, \quad \mathbf{x} \in (\mathbf{0}, \mathbf{l}), t > -\infty, \quad (1)$$

$$\mathbf{M} \times \ddot{\mathbf{y}} + \mu \mathbf{M} \times \dot{\mathbf{y}} + \nu \circ \times \dot{\mathbf{y}} + \mathbf{c} \times \mathbf{y} + \mathbf{b}(\mathbf{u}) = \mathbf{F}, \quad t > -\infty, \quad (2)$$

$$b_1(\mathbf{u}) = B_1 u_1'''(0, t), \quad b_i(\mathbf{u}) = B_i u_i'''(0, t) - B_{i-1} u_{i-1}'''(l_{i-1}, t), \quad i = 2, 3, \dots, n;$$

$$b_N(\mathbf{u}) = -B_N u_N'''(l_N, t);$$

$$\mathbf{I} \times \ddot{\boldsymbol{\phi}} + \sigma \mathbf{I} \times \dot{\boldsymbol{\phi}} + \mathbf{d}(\mathbf{u}) = 0, \quad t > -\infty. \quad (3)$$

$$d_1(\mathbf{u}) = -B_1 u_1''(0, t), \quad d_i(\mathbf{u}) = B_{i-1} u_{i-1}''(l_{i-1}, t) - B_i u_i''(0, t), \quad i = 2, 3, \dots, n;$$

$$d_N(\mathbf{u}) = B_N u_N''(l_N, t).$$

Из $\mathbf{c} = \mathbf{a} \times \mathbf{b}$ следует $c_k = a_k b_k$; точки над буквами соответствуют дифференцированию по времени, штрихи в индексах — дифференцированию по соответствующим локальным пространственным координатам, четыре штриха заменены римской цифрой; $\mathbf{m}$ — вектор погонных масс пролетов балки, $m_i = \rho S_i$; $\mathbf{B}$ — вектор жесткостей балки на изгиб, $B_i = EJ_i$; $\mathbf{R}$ — вектор осевых моментов инерции вращающейся массы элемента балки единичной длины, $R_i = \rho J_i$; $\mathbf{0}$ — нуль-вектор.

Пусть сосредоточенные силы $\mathbf{F}(t)$ будут гармоническими с разными частотами Ω_k , амплитудами a_k и начальными фазами ψ_k :

$$F_k(t) = a_k e^{j(\Omega_k t + \psi_k)} = A_k e^{\lambda_k t}, \quad A_k = a_k e^{j\psi_k},$$

$$\lambda_k = j\Omega_k, \quad k = 1, 2, \dots, N, \quad (4)$$

где A_k — комплекснозначные амплитуды, образующие вектор $\mathbf{A}$.

В таком случае результирующие колебания, совершаемые балкой и дискретными массами, будут полигармоническими, т. е. состоящими из гармоник с разными частотами.

Определим функции перемещений и амплитуд для установившихся колебаний. В таком случае начальные условия к системе уравнений (1), (2), (3) не требуются. Краевые условия к уравнениям (1) составляются по тем же принципам, которые использованы для свободных колебаний [1].

Уравнения (1)–(3) с учетом (4) имеют общее решение

$$\mathbf{u}(\mathbf{x}, t) = \mathbf{H}(\mathbf{x}, \boldsymbol{\lambda}) \mathbf{F}(t), \quad \boldsymbol{\lambda} = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N)^T, \quad \mathbf{x} \in (\mathbf{0}, \mathbf{l}), t > -\infty, \quad (5)$$

где $\mathbf{H}(\mathbf{x}, \boldsymbol{\lambda})$ — матрица передаточных функций, элементы которой суть реакции пролетов балки на единичные гармонические возмущения опор. Например, $H_{ik}(x_i, \lambda_k)$ является комплексной амплитудой колебаний i -го пролета балки при

автономном гармоническом единичном возмущении k -й опоры $\zeta_k(t) = e^{\lambda_k t}$. В развернутой форме (5) имеет вид

$$u_i(x_i, t) = \sum_{k=1}^N H_{ik}(x_i, \lambda_k) A_k e^{\lambda_k t}, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Для того чтобы найти матрицу передаточных функций, перемещения i -го пролета при возмущении $\zeta_k(t)$ обозначим $v_{ik}(x_i, t)$ и запишем

$$v_{ik}(x_i, t) = H_{ik}(x_i, \lambda_k) \zeta_k(t), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad k = 1, 2, \dots, N. \quad (6)$$

Рассмотрим подробно реакцию системы на такое возмущение. Подстановка $v_{ik}(x_i, t)$ в (1) вместо $u_i(x_i, t)$ дает уравнение в развернутой форме

$$B_i v_{ik}^{IV}(x_i, t) - P v_{ik}''(x_i, t) - R_i \ddot{v}_{ik}(x_i, t) + m_i \ddot{v}_{ik}(x_i, t) + \eta m_i \dot{v}_{ik}(x_i, t) = 0, \\ i = 1, 2, \dots, n; \quad k = 1, 2, \dots, N. \quad (7)$$

В силу применяемого принципа суперпозиции далее в выкладках компоненты векторов линейных и угловых отклонений, сосредоточенных масс заменяются перемещениями от единичных возмущений или их производными

$$y_{ik}(t) = v_{ik}(0, t), \quad y_{Nk}(t) = v_{Nk}(l_n, t), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad k = 1, 2, \dots, N, \\ \varphi_{ik}(t) = v'_{ik}(0, t), \quad \varphi_{Nk}(t) = v'_{Nk}(l_n, t), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad k = 1, 2, \dots, N.$$

Уравнения (2) претерпят аналогичные изменения и примут вид

$$M_i \ddot{v}_{ik}(0, t) + (\mu M_i + v_i) \dot{v}_{ik}(0, t) + c_i v_{ik}(0, t) + b_{ik}(v_{ik}) = \zeta_k(t) \delta_{ik}, \\ i = 1, 2, \dots, n, \quad k = 1, 2, \dots, N. \quad (8)$$

$$M_N \ddot{v}_{Nk}(l_n, t) + (\mu M_N + v_N) \dot{v}_{Nk}(l_n, t) + c_N v_{Nk}(l_n, t) + b_{Nk}(v_{Nk}) = \zeta_k(t) \delta_{Nk}, \\ k = 1, 2, \dots, N; \quad (9)$$

$$b_{1k}(v_{1k}) = B_1 v_{1k}'''(0, t), \quad b_{ik}(v_{ik}) = B_i v_{ik}'''(0, t) - B_{i-1} v_{i-1,k}'''(l_{i-1}, t), \\ b_{Nk}(v_{Nk}) = -B_N v_{Nk}'''(l_n, t), \quad i = 2, 3, \dots, n, \quad k = 1, 2, \dots, N.$$

В (8), (9) использован символ Кронекера

$$\delta_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если } i = k, \\ 0, & \text{если } i \neq k. \end{cases}$$

Запишем (3) в развернутой форме после подобных преобразований

$$I_i \ddot{v}_{ik}'(0, t) + \sigma I_i \dot{v}_{ik}'(0, t) + d_{ik}(v_{ik}) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad k = 1, 2, \dots, N; \quad (10)$$

$$I_N \ddot{v}_{Nk}'(l_n, t) + \sigma I_N \dot{v}_{Nk}'(l_n, t) + d_{Nk}(v_{Nk}) = 0, \quad k = 1, 2, \dots, N, \quad (11)$$

$$d_{1k}(v_{1k}) = -B_1 v_{1k}''(0, t), \quad d_{ik}(v_{ik}) = B_{i-1} v_{i-1,k}''(l_{i-1}, t) - B_i v_{ik}''(0, t), \\ d_{Nk}(v_{Nk}) = B_N v_{Nk}''(l_n, t), \quad i = 2, 3, \dots, n, \quad k = 1, 2, \dots, N.$$

Условия сопряжения пролетов балки имеют вид

$$\begin{aligned} v_{i-1}(l_{i-1}, t) &= v_{ik}(0, t), \quad v'_{i-1,k}(l_{i-1}, t) = v'_{ik}(0, t), \\ i &= 2, 3, \dots, n, \quad k = 1, 2, \dots, N. \end{aligned} \quad (12)$$

Уравнения (8)—(12) являются дополнительными к основному уравнению (7). Подставим (6) в (7) и запишем

$$\begin{aligned} H_{ik}^{IV}(x_i, \lambda_k) - 2v_{ik}H_{ik}''(x_i, \lambda_k) + \theta_{ik}^2 H_{ik}(x_i, \lambda_k) &= 0, \\ i &= 1, 2, \dots, n, \quad k = 1, 2, \dots, N; \end{aligned} \quad (13)$$

$$v_{ik} = \frac{P + \lambda_k^2 R_i}{2B_i}, \quad \theta_{ik}^2 = \frac{m_i(\lambda_k^2 + \eta\lambda_k)}{B_i}.$$

Обозначим

$$\alpha_{ik} = \sqrt{-v_{ik} + \sqrt{v_{ik}^2 - \theta_{ik}^2}}, \quad \beta_{ik} = \sqrt{v_{ik} + \sqrt{v_{ik}^2 - \theta_{ik}^2}}.$$

Тогда общее решение уравнения (13) имеет вид

$$H_{ik}(x_i, \lambda_k) = A_{ik} \sin \alpha_{ik} x_i + B_{ik} \cos \alpha_{ik} x_i + C_{ik} \operatorname{sh} \beta_{ik} x_i + D_{ik} \operatorname{ch} \beta_{ik} x_i, \quad (14)$$

где A_{ik} , B_{ik} , C_{ik} , D_{ik} — произвольные постоянные интегрирования, i — номер пролета, k — номер возмущения. Дифференцирование (14) дает

$$H'_{ik}(x_i, \lambda_k) = \alpha_{ik}(A_{ik} \cos \alpha_{ik} x_i - B_{ik} \sin \alpha_{ik} x_i) + \beta_{ik}(C_{ik} \operatorname{ch} \beta_{ik} x_i + D_{ik} \operatorname{sh} \beta_{ik} x_i), \quad (15)$$

$$H''_{ik}(x_i, \lambda_k) = \alpha_{ik}^2 (-A_{ik} \sin \alpha_{ik} x_i - B_{ik} \cos \alpha_{ik} x_i) + \beta_{ik}^2 (C_{ik} \operatorname{sh} \beta_{ik} x_i + D_{ik} \operatorname{ch} \beta_{ik} x_i), \quad (16)$$

$$H'''_{ik}(x_i, \lambda_k) = \alpha_{ik}^3 (-A_{ik} \cos \alpha_{ik} x_i + B_{ik} \sin \alpha_{ik} x_i) + \beta_{ik}^3 (C_{ik} \operatorname{ch} \beta_{ik} x_i + D_{ik} \operatorname{sh} \beta_{ik} x_i). \quad (17)$$

Постоянные интегрирования можно найти из дополнительных условий. Используя с этой целью (8)—(12), т. е., подставляя (6), получим

$$e_{1k} H_{1k}(0, \lambda_k) + B_1 H_{1k}'''(0, \lambda_k) = \delta_{1k}, \quad k = 1, 2, \dots, N; \quad (18)$$

$$e_{1k} = M_1 \lambda_k^2 + (\mu M_1 + v_1) \lambda_k + c_1;$$

$$\gamma_{1k} H'_{1k}(0, \lambda_k) - B_1 H_{1k}''(0, \lambda_k) = 0, \quad \gamma_{1k} = I_1 \lambda_k (\lambda_k + \sigma), \quad (19)$$

$$\begin{aligned} H_{i-1,k}(l_{i-1}, \lambda_k) &= H_i(0, \lambda_k), \quad H'_{i-1,k}(l_{i-1}, \lambda_k) = H'_i(0, \lambda_k), \\ i &= 2, 3, \dots, n; \end{aligned} \quad (20)$$

$$e_{ik} H_{ik}(0, \lambda_k) + B_i H_{ik}'''(0, \lambda_k) - B_{i-1} H_{i-1,k}'''(l_{i-1}, \lambda_k) = \delta_{ik}, \quad (21)$$

$$e_{ik} = M_i \lambda_k^2 + (\mu M_i + v_i) \lambda_k + c_i, \quad i = 2, 3, \dots, n;$$

$$\gamma_{Nk} H'_{nk}(l_n, \lambda_k) + B_n H''_{nk}(l_n, \lambda_k) = 0, \quad \gamma_{Nk} = I_N \lambda_k (\lambda_k + \sigma). \quad (24)$$

$$GD = C. \quad (25)$$

The diagram shows a large square matrix $G(\lambda)$ enclosed in large parentheses. A horizontal dotted line and a vertical dotted line intersect at the center of the matrix. Along the main diagonal, there are five rectangular blocks labeled $G_1, G_2, G_3, G_n,$ and G_N . The blocks $G_1, G_2,$ and G_3 are located in the upper-left quadrant above the horizontal line. The blocks G_n and G_N are located in the lower-right quadrant below the horizontal line. The blocks are arranged in a staircase fashion, with each subsequent block shifted further down and to the right.

$$G_N = \begin{pmatrix} e_{Nk} p_n + B_n \alpha_{nk}^3 q_n & e_{Nk} q_n - B_n \alpha_{nk}^3 p_n & e_{Nk} r_n - B_n \beta_{nk}^3 s_n & e_{Nk} s_n - B_n \beta_{nk}^3 r_n \\ \gamma_{Nk} \alpha_{nk} q_n - B_n \alpha_{nk}^2 p_n & -\gamma_{Nk} \alpha_{nk} p_n - B_n \alpha_{nk}^2 q_n & \gamma_{Nk} \beta_{nk} s_n + B_n \beta_{nk}^2 r_n & \gamma_{Nk} \beta_{nk} r_n + B_n \beta_{nk}^2 s_n \end{pmatrix},$$

52

$$D = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & \vdots & A_{1N} \\ B_{11} & B_{12} & \vdots & B_{1N} \\ C_{11} & C_{12} & \vdots & C_{1N} \\ D_{11} & D_{12} & \vdots & D_{1N} \\ A_{21} & A_{22} & \vdots & A_{2N} \\ B_{21} & B_{22} & \vdots & B_{2N} \\ \dots & \dots & \vdots & \dots \\ A_{n1} & A_{n2} & \vdots & A_{nN} \\ B_{n1} & B_{n2} & \vdots & B_{nN} \\ C_{n1} & C_{n2} & \vdots & C_{nN} \\ D_{n1} & D_{n2} & \vdots & D_{nN} \end{pmatrix}, C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \vdots & 0 \\ 0 & 0 & \vdots & 0 \\ 0 & 0 & \vdots & 0 \\ 0 & 0 & \vdots & 0 \\ 0 & 1 & \vdots & 0 \\ 0 & 0 & \vdots & 0 \\ \dots & \dots & \vdots & \dots \\ 0 & 0 & \vdots & 0 \\ 0 & 0 & \vdots & 0 \\ 0 & 0 & \vdots & 1 \\ 0 & 0 & \vdots & 0 \end{pmatrix},$$

k -й столбец матрицы D соответствует постоянным интегрирования пролетов при возмущении k -й опоры. В частности, $A_{ik}, B_{ik}, C_{ik}, D_{ik}$ — постоянные интегрирования для i -го пролета при возмущении k -й опоры. Например, в первом столбце матрицы D расположены постоянные интегрирования для всех пролетов, получающиеся при кинематических перемещениях первой опоры. Решение матричной системы (25) имеет вид

$$D = G^{-1}C.$$

При равенстве частот возмущений $\Omega_1 = \Omega_2 = \dots \Omega_N = \Omega$ можно найти вектор амплитуд колебаний

$$a_u(x) = |H(x, j\Omega)A|.$$

Для балки с параметрами

$$l = \{3,5; 2,5; 3\} \text{ м}, M = \{100, 200, 200, 100\} \text{ кг}, c = \{50, 30, 50, 30\} \text{ кН/м},$$

$$v = \{40, 50, 50, 40\} \text{ Нс/м}, P = 0, I = \{25, 30, 30, 25\} \text{ кг м}^2,$$

$$S = \{17,4; 20,2; 17,4\} \text{ см}^2, J = \{572, 873, 572\} \text{ см}^4, \mu = 0,05 \text{ с}^{-1},$$

$$F = \{1, 2, 1,5, 2,5\} \text{ кН}, \psi = \{0, 0, 0, 0\}$$

выполнены расчеты, представленные рис. 2. Кривые соответствуют возрастающим значениям частоты возмущений $\Omega = 0 \text{ с}^{-1}$ (кривая 1); 9 с^{-1} (2); 12 с^{-1} (3); 17 с^{-1} (4); 34 с^{-1} (5).

Анализ графиков показывает следующее. Сначала при сравнительно небольших частотах возмущений колебания происходят по первой форме свободных колебаний. При приближении Ω к первой собственной частоте амплитуды увеличиваются (кривая 2, 3) и достигают наибольших значений при равенстве $\Omega = \omega_1 = 14,01 \text{ с}^{-1}$ т. е. при резонансных колебаниях. Соответствующая кривая здесь не показана. С дальнейшим ростом частоты возмущений амплитуды падают (кривая 4), форма их распределения по длине балки постепенно меняется. Сначала она находится под влиянием первой и второй собственных форм. Затем, уже при частотах, близких к третьей собственной (кривая 5), в форме колебаний преобладает третья собственная форма, появляется многоволновость.

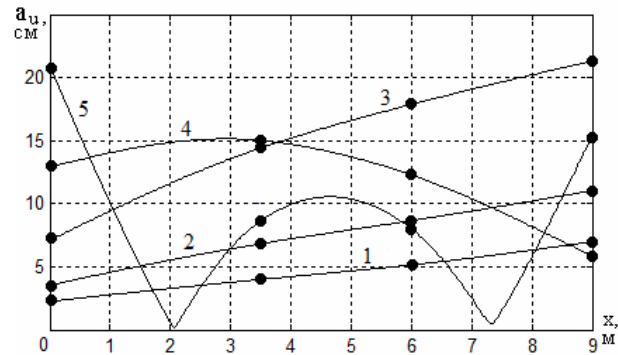


Рис. 2

В следующем примере исследовано влияние сдвига фаз на амплитуды колебаний. Возьмем ту же балку при векторе возмущений

$$F = \{2; 2; 2; 2\}^T \text{ кН},$$

с одинаковыми частотами $\Omega = 9 \text{ с}^{-1}$, но с разными начальными фазами пяти вариантов:

$$\psi = \{0, 0, 0, 0\}^T \text{ (кривая 1)}, \quad \psi = \{\pi, 0, 0, 0\}^T \text{ (2)},$$

$$\psi = \{0, 0, 0, \pi\}^T \text{ (3)}, \quad \psi = \{\pi, 0, 0, \pi\}^T \text{ (4)},$$

$$\psi = \{\pi/2, \pi/2, -\pi/2, \pi/2\}^T \text{ (5)}.$$

Кривая 1 (рис. 3) соответствует идеально синфазным возмущениям, одновременно имеющим одинаковые направления, которые способствуют прогибу балки вверх или вниз при малых искривлениях. Кривая 2 изображает колебания в том случае, когда сосредоточенная сила, приложенная к левому концу, находится в идеальной противофазе с остальными силами. Поэтому недалеко от левой опоры появилась нулевая точка и вообще значения амплитуд немного уменьшились. Подобный эффект появляется и тогда, когда сила на правом конце находится в противофазе с остальными возмущениями (кривая 3). Минимальные отклонения отмечены для случая, когда концевые силы находятся в идеальной противофазе с нагрузками, приложенными к промежуточным опорам (кривая 4). Кривая 5 построена для возмущений, которые занимают промежуточное положение между случаями 1 и 4. Естественно, соответствующие амплитуды принимают также промежуточные значения.

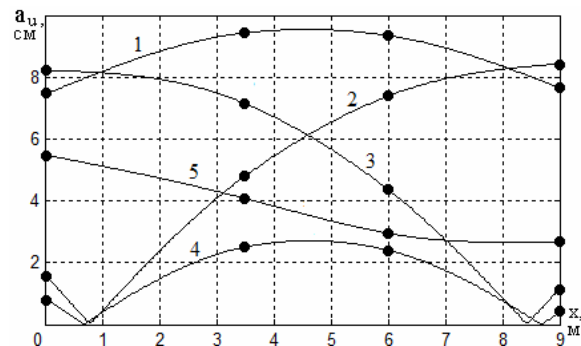


Рис. 3

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Культербаев Х. П.* Кинематически возбуждаемые колебания континуально-дискретной многопролетной балки // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. № 4. Ч. 2. Труды X Всероссийского съезда по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. 2011. С. 198—200.
2. *Культербаев Х. П., Чеченов Т. Ю.* Кинематически возбуждаемые колебания континуально-дискретной многопролетной балки при учете инерционных сил вращения // Известия Кабардино-Балкарского государственного университета. 2011. Т. I. № 1. С. 98—104.
3. *Gutierrez R. H., Laura P. A. A.* Transverse vibrations of beams traversed by point masses: A general, approximate solution // J. Sound and Vibr. 1996. 195. № 2. P. 353—358.
1. *Kulterbaev Kh. P.* Kinematicheski возбуждаемые колебания kontinualno-diskretnoi mnogoprolyotnoi balki // Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo. №4. Ch. 2. Trudy vserossiiskogo syezda po fundamentalnym problemam teoreticheskoi i prikladnoi mekhaniki. 2011. S. 198—200.
2. *Kulterbaev Kh. P., Chechenov T. Yu.* Kinematicheski возбуждаемые колебания kontinualno-diskretnoi mnogoprolyotnoi balki pri uchete inertsiionnykh sil vrashcheniya // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo universiteta. 2011. T. 1. № 1. S. 98—104.
3. *Gutierrez R. H., Laura P. A. A.* Transverse vibrations of beams traversed by point masses: A general, approximate solution // J. Sound and Vibr. 1996. 195. № 2, P. 353—358.

© *Культербаев Х. П., Чеченов Т. Ю., Барагунов Т. М., 2012*

*Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.*

Ссылка для цитирования:

Культербаев Х. П., Чеченов Т. Ю., Барагунов Т. М. Вынужденные колебания континуально-дискретной балки при учете инерционных сил вращения // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр.-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 48—55.

УДК 691.32

Д. Н. Коротких

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ СТРУКТУРЫ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОЛНЫХ РАВНОВЕСНЫХ ДИАГРАММ ИХ ДЕФОРМИРОВАНИЯ (часть 1)¹

В первой части статьи рассматриваются показатели и закономерности разрушения высокопрочных цементных бетонов, полученные на основе метода полных равновесных диаграмм их деформирования. Дается анализ процессов деформирования и разрушения четырех групп бетонов различных типов структуры и механики проявления конструктивных свойств. Приводятся данные комплексной оценки показателей сопротивления разрушению цементных бетонов с прочностью при сжатии от 40 до 120 МПа.

К л ю ч е в ы е с л о в а: высокопрочный бетон, структура, механика деформирования и разрушения, полные равновесные диаграммы деформирования.

Indicators and destructions regularity of high-strength cement concretes which are obtained by the method of complete stable diagrams of their deformation are discussed in the first part. The analysis of deformation and fracture processes of concrete's four groups of different types of structures and mechanical manifestations of structural properties is given. Integrated assessment data of fracture resistance indicators of cement concretes with the compressive strength of 40 to 120 MPa are indicated.

К е у w o r d s: high-performance concrete, structure, mechanical deformation and fracture, complete stable diagrams of deformation.

Раскрытие обобщенных закономерностей деформирования и разрушения высокопрочных бетонов различного уровня сопротивления разрушению является проблемным вопросом. Его разрешение имеет практическое значение для задач как материаловедов-технологов (синтез и конструирование структур бетонов с высоким сопротивлением разрушению, разработка на этой основе технологических условий производства), так и расчетчиков-конструкторов (учет особых закономерностей деформирования и разрушения материала, поведения их во времени) [1].

В общей постановке проблемы развития теории и технологии высокопрочных бетонов следует опираться на всю широкую их номенклатуру, отвечающую условиям различного назначения и применения. По критерию предела прочности при сжатии бетоны можно условно подразделить на 4 большие группы: I — рядовые бетоны (с прочностью до 40 МПа), имеющие самый массовый спрос и потребление на строительном рынке; II — высокопрочные бетоны (40...80 МПа), широко применяемые в строительстве высотных зданий и сооружений; III — особо высокопрочные бетоны (80...120 МПа) ограниченного применения для конструкций зданий и сооружений повышенной ответственности и большого ресурса эксплуатации; IV — сверхвысокопрочные бетоны (более 120 МПа) специального назначения [2].

Каждая группа бетонов обладает отличительными характеристиками структуры, что предопределяет различия в механике проявления свойств материалом и соответственно различие в научно-инженерных подходах к формированию структуры бетонов и их технологии [3].

¹ Публикация подготовлена при научных консультациях академика РААСН, д-ра техн. наук, проф. Е. М. Чернышова. По результатам исследований, поддержанных РААСН (пункт 2.4.8 тематического плана 2011 г.).

Исследование механизмов разрушения необходимо для понимания процессов разрушения, что дает возможность выявить параметры структуры материала, определяющие его сопротивление разрушению [4—9]. Поскольку основная масса строительных композитов относится к материалам с преобладанием упругих свойств, наибольший интерес исследователей вызывает хрупкий тип разрушения [10—13].

Одним из наиболее эффективных методов оценки параметров процесса деформирования и разрушения бетонов является метод полных равновесных диаграмм в координатах сила деформации (ПРДД). По ПРДД возможно получение основных силовых и энергетических параметров механики разрушения, комплексно и многопараметрично описывающих весь процесс деформирования и разрушения материала. В частности, по ПРДД могут быть определены следующие параметры [14—17]:

стандартные механические характеристики R_{bt} , R_{bt} , R_{bc} , E_b , а также коэффициенты жесткости материала на стадии упрочнения и разупрочнения;

энергетические характеристики — удельные эффективные энергозатраты на инициирование разрушения G_i , собственно на разрушение G_F , полные эффективные энергозатраты на квазистатическое деформирование до фрагментации G_c , полные удельные упругие энергозатраты G_{ce} , параметр хрупкости χ и др.;

силовые характеристики — квазистатический K_i и критический K_c коэффициенты интенсивности напряжений, виртуальный нелинейный критический коэффициент интенсивности напряжений K_{GF} и др.

Для получения полностью равновесных диаграмм деформирования бетонов использовалась установка, разработанная в Волгоградском государственном архитектурно-строительном университете (автор оригинальной установки А. В. Ушаков) [14]. В этом портативном устройстве силовозбудитель выполнен в виде упруго деформируемого аккумулятора энергии. Такая схема позволяет не только повысить жесткость процесса нагружения образца, но и обеспечить приложение расклинивающих усилий в максимальной близости друг от друга, чем обеспечивается минимальное количество энергии, запасаемой в образце. Кроме того, она позволяет устранить необходимость в дополнительных датчиках перемещения для регистрации ширины раскрытия трещины, поскольку все требуемые для построения полностью равновесной диаграммы деформирования образца данные могут быть определены по перемещению и деформациям элемента противодействия.

Для получения полных равновесных диаграмм деформирования бетонов были изготовлены серии образцов-балочек из бетонных смесей. Составы бетонных смесей подобраны на основе анализа требуемой для каждой из групп бетонов совокупности структурообразующих механизмов [2].

Полная равновесная диаграмма деформирования бетонов I группы характеризует зависимость сопротивления образца деформированию $R(f)$ вплоть до его полной фрагментации в точке f_{fr} , в которой $R(f_{fr}) = 0$ (рис. 1).

В начальный период деформирования зависимость $R(f)$ имеет практически линейный характер, т. е. производная $dR(f)/df \approx \operatorname{tg}(\alpha) \approx \operatorname{const}$ вплоть до значения $R(f_{et}) = 230$ Н, где α — угол наклона касательной a к кривой $R(f)$ в начальной точке $R(0) = 0$. Производная $dR(f)/df$ на интервале изменения f от 0 до f_{et} представляет собой упругость, или жесткость образца $K_{об} = dR(f)/df$.

При единичных размерах образца его жесткость равна модулю упругости E материала образца при соответствующей схеме нагружения.

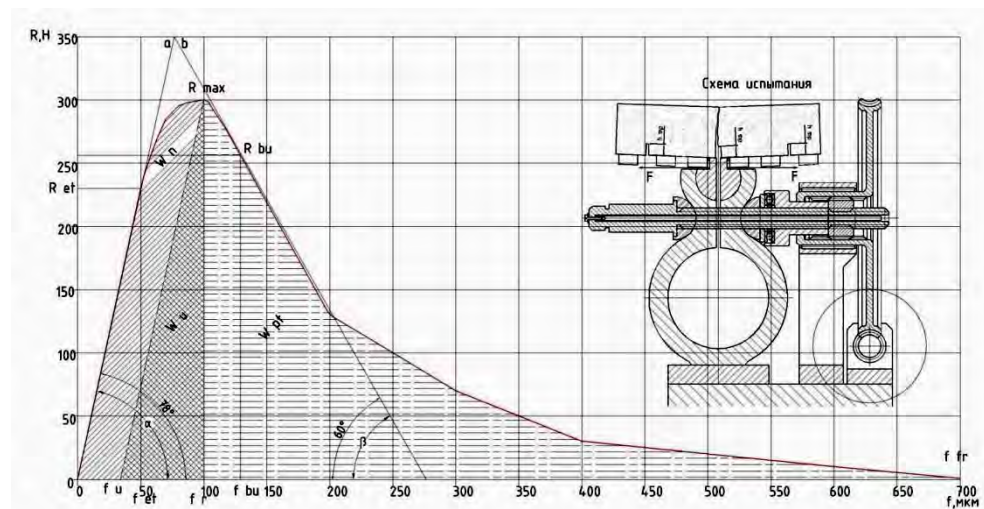


Рис. 1. Полная равновесная диаграмма деформирования бетонов I группы

При дальнейшем увеличении деформаций f происходит снижение жесткости $K_{об}$, то есть функция $R(f)$ принимает нелинейный характер, что обусловлено как увеличением линейных размеров уже имеющихся микротрещин и пор и образованием в наиболее растянутой зоне изгибаемого образца новых микротрещин, так и локальными пластическими деформациями в ближайших окрестностях этих микротрещин и пор [18—22], благодаря которым образец может оказывать сопротивление $R(f)$, достаточное для противодействия внешнему изгибающему усилию F . Полное отсутствие зоны пластических деформаций у острия микротрещин может обеспечить сопротивление $R(f)$, соответствующее лишь суммарному усилию ограниченного числа межатомных связей, замыкающих микротрещины. Пластические деформации на уровне межатомных связей позволяют многократно увеличить число напряженных межатомных связей в материале вдоль оси микротрещин, которые включаются в противодействие внешнему усилию F и значительно повышают тем самым интегральные значения $R(f)$. Очевидно, что увеличение числа микротрещин в хрупком материале также способствует распределению общего внешнего усилия на большее число межатомных связей, напряженных до значений, близких к критическим. Поэтому, желательно вовлекать в процесс микротрещинообразования как можно больший объем хрупкого материала, увеличивая податливость конструкции при действующих напряжениях и, соответственно, увеличивая удельную энергию разрушения. В момент достижения $R(f)$ значения $R(f_R) = R_{max}$ жесткость образца на некоторое время принимает нулевое значение $K_{об} = 0$, при этом, соответственно, и модуль упругости E материала в некоторой локальной области, определяющей деформативные свойства всего образца в данный момент, принимает нулевое значение. Однако слияние некоторых микротрещин и пор снижает сопротивление разрушению за счет перераспределения воспринимаемой ими совместно нагрузки на концевые участки оставшихся.

При дальнейшем увеличении прогиба f образца его жесткость принимает отрицательные значения, т. е. $K_{об} = dR(f)/df < 0$. Слияние микротрещин и пор в одну магистральную трещину резко снижает сопротивление конструкции разрушению, в первую очередь за счет разгрузки от напряжения ближайших к берегам магистральной трещины областей, что приводит к притоку высвободившейся упругой энергии к устью магистральной трещины и значительной концентрации напряжений. Максимальное по абсолютной величине значение производной $dR(f)/df$ на нисходящем участке диаграммы соответствует наиболее интенсивному росту магистральной трещины и определяет, таким образом, хрупкость образца $X_{об} = |dR(f)/df|$. Значение хрупкости образца $X_{об}$ определяется абсолютной величиной тангенса угла β наклона касательной b к наиболее крутому участку нисходящей ветви диаграммы деформирования. Модуль упругости локальной области материала, в которой распространяется магистральная трещина, также принимает отрицательные значения и становится модулем хрупкости E' [23].

Модуль хрупкости E' любого материала не может превышать по абсолютной величине его модуль упругости E . Соответственно, угол наклона восходящей ветви диаграммы деформирования должен быть больше абсолютной величины наибольшего угла наклона нисходящей ветви $\alpha > |\beta|$. То есть хрупкость X любой конструкции не может быть больше ее начальной жесткости K .

Понятие «хрупкость» определяется как способность твердых тел разрушаться под действием внешней силы без видимых признаков остаточных пластических деформаций [23]. Это позволяет признать критерий χ мерой хрупкости лишь в той части, которая определяет хрупкость как отсутствие пластичности. Однако по своей сути он является скорее мерой пластичности или псевдопластичности, поскольку оценивает деформативные свойства материала до начала собственного процесса разрушения, в то время как понятие «хрупкость» предполагает полное завершение разрушения.

Точка R_{bu} соответствует точке, называемой в бетоноведении при испытаниях образцов на сжатие предельной сжимаемостью ε_{bu} . В литературе часто приводится значение ε_{bu} , соответствующее произвольно выбранному уровню нагружения на нисходящей ветви диаграммы, равному 0,85. Г. В. Несветаев под предельной сжимаемостью подразумевает границу устойчивого деформирования сечений, равную деформации, соответствующей предельной потенциальной энергии структуры [24].

В полной равновесной диаграмме деформирования можно выделить работу упругого деформирования W_u , работу микротрещинообразования W_n , работу макротрещинообразования W_{pt} . Сумма работ W_u , W_n и W_{pt} , отнесенная к площади сечения образца, через которое развивается магистральная трещина, является удельной работой разрушения бетона G_c . Удельная работа разрушения включает в себя поверхностную энергию в условиях хрупкого отрыва и диссипацию энергии за счет необратимых деформаций на фронте трещины [18].

Полная равновесная диаграмма деформирования бетонов II группы (рис. 2) по своей форме аналогична такой для бетонов I группы.

На стадии упругого деформирования (восходящая ветвь диаграммы) наблюдается незначительное увеличение жесткости образца высокопрочного бетона по сравнению с обычным бетоном: предел пропорциональности R_{et}

возрастает с 230 до 285 Н при деформациях 50 и 55 мкм соответственно; угол α возрастает с 78 до 79°; жесткость образца увеличивается на 10 % с 4,6 МН/м (бетон I группы) до 5,1 МН/м (бетон II группы). Удельная энергия упругого деформирования повышается на 20 % с 12,4 до 15 Дж/м².

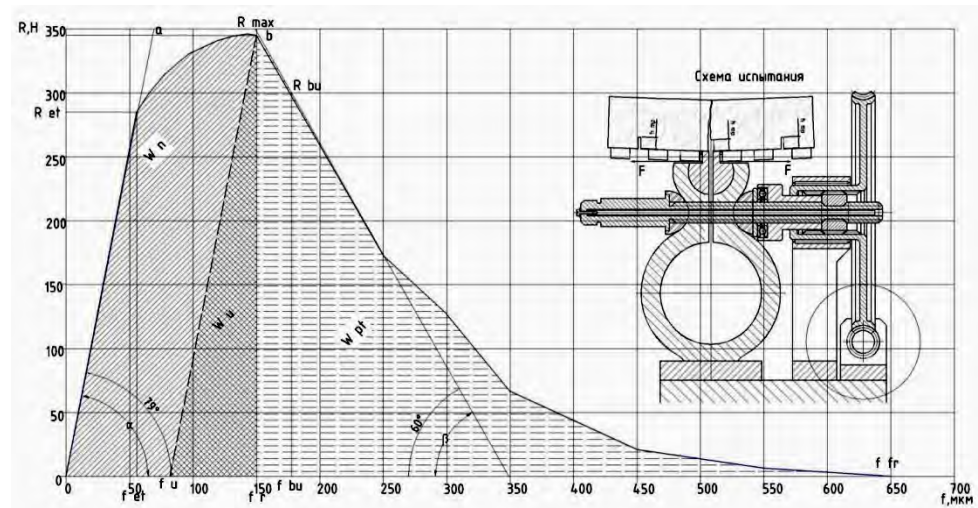


Рис. 2. Полная равновесная диаграмма деформирования бетонов II группы

На стадии микротрещинообразования и формирования концевой зоны магистральной трещины отличия параметров деформирования бетонов I и II группы наиболее заметны. Так, удельная энергия микротрещинообразования увеличивается в 2,7 раза (с 12,5 до 33,8 Дж/м²); предел прочности на растяжение достигает 345 Н. Значительно меняются и энергетические соотношения: доля работы микротрещинообразования для бетонов II группы составляет почти треть полной работы разрушения бетона. Указанные изменения объясняются другим типом структуры бетона II группы: высокая плотность и, соответственно, прочность цементного камня; его пониженная пористость способствуют формированию прочной контактной зоны, что предопределяет многократное перераспределение напряжений с матрицы на включения посредством контактной зоны на стадии микротрещинообразования. Дополнительная энергия затрачивается на разрушение части крупного заполнителя, чего не наблюдается при разрушении бетона I группы (данные получены по результатам анализа фрактограмм поверхности разрушения).

На критической стадии деформирования (ниспадающая ветвь) поведение бетонов I и II групп является аналогичным. По показателю хрупкости образца, углу наклона β , удельной энергии распространения трещин W_{pt} указанные группы бетонов отличий не имеют. В целом высокопрочные бетоны II группы обладают более высокой сопротивляемостью образованию микротрещин, за счет чего существенно возрастает полная удельная работа деформирования и разрушения бетона G_{IC} : с 75 (бетон I группы) до 104,1 Дж/м².

Для бетонов III группы (рис. 3) начальная стадия характеризуется ростом жесткости образца (по сравнению с бетоном II группы) до 9,5 МН/м: предел пропорциональности R_{et} возрастает до 490 Н при деформации 48 мкм; угол α

составляет 84° . Удельная энергия упругого деформирования повышается почти втрое (по сравнению с бетоном II группы) и достигает значения $44,6 \text{ Дж/м}^2$. При этом доля удельной работы упругого деформирования сопоставима с аналогичными показателями для бетонов I и II групп.

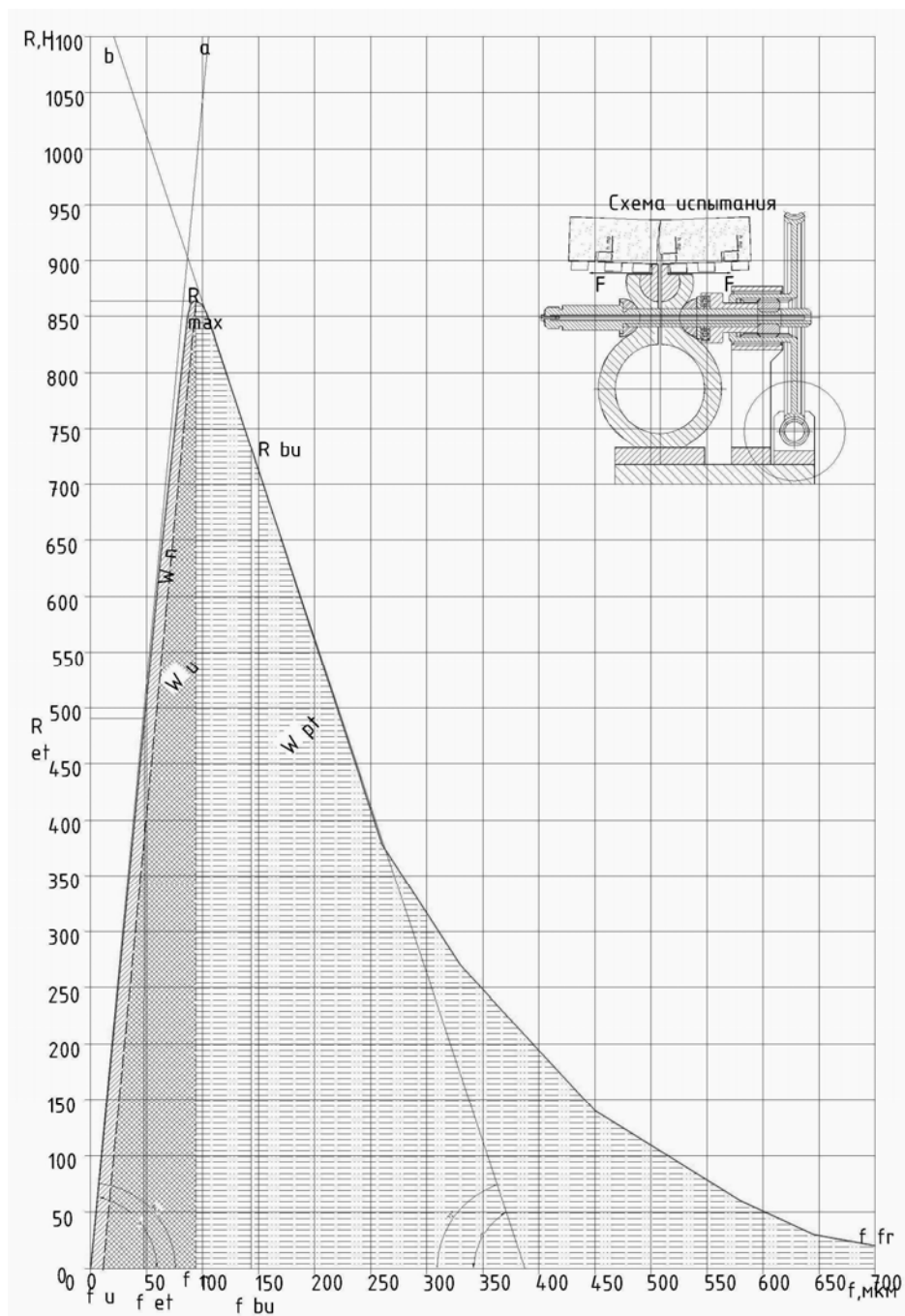


Рис. 3. Полная равновесная диаграмма деформирования бетонов III группы

Стадия макротрещинообразования (нисходящая ветвь диаграммы) характеризуется высоким сопротивлением материала распространению в нем трещин: удельная работа макротрещинообразования W_{pt} является максимальной для всех рассматриваемых групп бетонов и достигает 211 Дж/м². Высокая прочность цементного камня, его низкая пористость, степень закристаллизованности позволяют реализовать тип разрушения, при котором происходит разрыв как матричного материала, так и крупного заполнителя (гранитного щебня) на всем пути движения трещины.

Переход от крупноконгломератной к мелкоконгломератной структуре бетона IV группы предопределяет существенное изменение ПРДД (рис. 4). Во-первых, снижение уровня концентрации напряжений от действия включений увеличивает сопротивление материала зарождению в нем трещин — удельная работа микротрещинообразования является максимальной для всех рассматриваемых групп бетонов и достигает 34 Дж/м², а ее доля составляет порядка 12 % от полной работы разрушения бетона. Во-вторых, снижение неоднородности структуры снижает трещиностойкость материала на закритической стадии деформирования: значения хрупкости образца достигают 4,7 МН/м, а удельная работа макротрещинообразования оказывается меньше, чем у бетонов III группы, и составляет 198 Дж/м². Разрушение материала происходит как по матрице и контактной зоне, так и по мелкому заполнителю (кварцевому песку), что обусловлено высокой прочностью цементного камня.

Совокупность параметров и характеристик процессов деформирования и разрушения рассмотренных групп бетонов представлена в табл. Обобщение рассмотренных закономерностей деформирования и разрушения высокопрочных бетонов типичного строения приводит к следующим соображениям:

1) последовательный переход по группам бетонов характерных структур от I к IV, наряду с повышением предела прочности при сжатии, обеспечивает рост начального модуля упругости, увеличение полной работы разрушения, что обусловлено как возрастанием количества физико-химических связей в структуре материала, так и их «качеством»;

2) при этом пределы прочности при растяжении, изгибе не имеют аналогичного роста, вязкость разрушения находится на практически постоянном уровне. Иными словами, имеет место заметное повышение степени хрупкости бетона;

3) составляющие полной работы разрушения имеют принципиально различные удельные значения. Для бетонов III и особенно IV группы характерно относительно малое накопление повреждений структуры к моменту последующего катастрофического разрушения.

Отмеченные закономерности деформирования и разрушения высокопрочных бетонов предопределяют задачу разработки, синтеза и конструирования таких их структур, которые способны обеспечить высокие значения не только предела прочности при сжатии, модуля упругости, но и вязкости разрушения, предела прочности при растяжении, изгибе, и в целом высокий потенциал сопротивления разрушению материала. И в этом смысле можно говорить о бетонах новой группы — V, структура которых не только характеризуется способностью обеспечивать высокую прочность материала на сжатие, но и дает возможность тормозить процесс роста, развития и распространения трещин в материале [2].

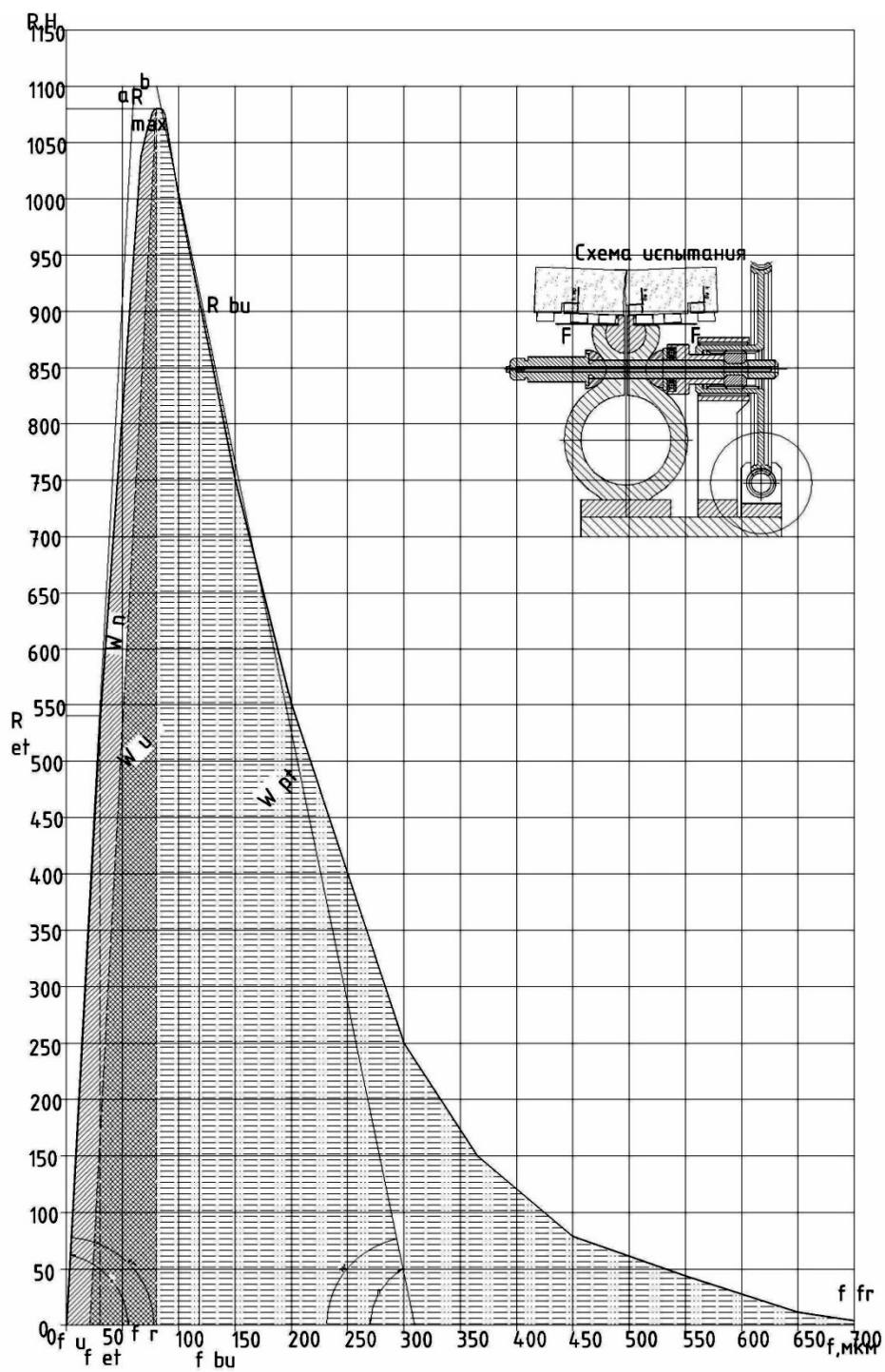


Рис. 4. Полная равновесная диаграмма деформирования бетонов IV группы

Параметры процесса разрушения высокопрочных бетонов типичных структур [25]

Параметры и характеристики процесса разрушения	Значения параметров и характеристик для бетонов			
	I группы	II группы	III группы	IV группы
Предел пропорциональности, R_{ct} , Н	230	285	490	540
Деформация, соответствующая пределу пропорциональности, ϵ_{cr} , мкм	50	55	48	30
α , град.	78	79	84	87
Жесткость образца бетона $K_{об}$, МН/м	4,6	5,1	9,5	19,1
Предел прочности R_{max} , Н	300	345	864	1080
Деформация, соответствующая пределу прочности f_r , мкм	100	150	93	80
Граница устойчивого деформирования сечений f_{lim} , мкм	130	178	143	120
β , град.	60	60	72	78
Хрупкость образца бетона $X_{об}$, МН/м	1,7	1,7	3,0	4,7
Удельная работа упругого деформирования W_{ur} , Дж/м ²	12,4	15,0	44,6	48
Удельная работа микротрещинообразования W_{tr} , Дж/м ²	12,5	33,8	10,4	34
Удельная работа макротрещинообразования W_{br} , Дж/м ²	50,1	55,3	211,2	198
Удельная энергия разрушения G_{IC} , Дж/м ²	75	104,1	266,2	280
Доля упругого деформирования W_u/G_{IC}	0,165	0,144	0,167	0,171
Доля микротрещинообразования W_{tr}/G_{IC}	0,167	0,325	0,039	0,122
Доля макротрещинообразования W_{br}/G_{IC}	0,668	0,531	0,794	0,707
Предел прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа	33...38	48...54	80...90	120...130
Предел прочности на растяжение при изгибе $R_{изг}$, МПа	4,7...4,9	5,7...6,2	9,2...10,1	10,5...11,2
Отношение $R_{изг}/R_{сж}$	0,13...0,14	0,11...0,12	0,11...0,12	0,085...0,086
Отношение $W_u/R_{сж}$	0,32...0,37	0,28...0,32	0,50...0,55	0,37...0,40
Отношение $W_{tr}/R_{сж}$	0,32...0,37	0,63...0,70	0,11...0,13	0,26...0,28
Отношение $W_{br}/R_{сж}$	1,31...1,51	1,02...1,15	2,34...2,64	1,52...1,65
Отношение $G_{IC}/R_{сж}$	1,97...2,27	1,93...2,16	2,95...3,32	2,15...2,33
Отношение $K_{об}/X_{об}$	2,7	3,0	3,2	4,0

Формирование структуры таких бетонов требует реализации всех механизмов структурообразования, заложенных в основу получения бетонов IV группы, а дополнительно к ним — новых структурообразующих механизмов (бетоны группы IV+), решающих сложную, противоречивую задачу: обеспечить не только высокую прочность бетона при сжатии, но и повышенные значения его трещиностойкости, предельной растяжимости, прочности при изгибе и растяжении. Решению поставленной задачи посвящена вторая часть статьи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коротких Д. Н., Кесарийский А. Г. Исследование методом лазерной голографической интерферометрии процесса трещинообразования при разрушении высокопрочных бетонов // Вестник Донбасской национальной академии стр-ва и архит. 2011. Вып. 4. С. 32—39.
2. Чернышов Е. М., Коротких Д. Н. Высотехнологичные высокопрочные бетоны: вопросы управления их структурой. Современные проблемы строительного материаловедения и технологии : материалы Международного конгресса «Наука и инновации в строительстве». Т. 1. Кн. 2. 2008. С. 616—620.
3. Баженов Ю. М., Демьянова В. С., Калашиников В. И. Модифицированные высококачественные бетоны. М. : АСВ, 2006. 368 с.
4. Макридин Н. И. Природа конструкционной прочности цементных бетонов : дисс... д-ра техн. наук. Пенза, 1998. 368 с.
5. Слепян Л. И., Троянкина Л. В. Теория трещин: основные представления и результаты. Л. : Судостроение, 1976. 44 с.
6. Трещиностойкость бетонов с различной степенью неоднородности структуры / Ю. В. Зайцев, К. А. Ковлер, Р. О. Красновский, И. С. Кроль, М. Тахер // Бетон и железобетон. 1989. № 11. С. 25—27.
7. Финкель В. М. Физические основы торможения разрушения. М. : Металлургия, 1977. 360 с.
8. Работнов Ю. Н. Проблемы механики деформируемого твердого тела. М. : Наука, 1991. 194 с.
9. Гордон Дж. Почему мы не проваливаемся сквозь пол. М. : Мир, 1971. 272 с.
10. Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела. М. : Наука, 1988. 712 с.
11. Ленг Ф. Ф. Разрушение композитов с дисперсными частицами в хрупкой матрице // Композиционные материалы : в 8 т. Т. 5. Разрушение и усталость. М. : Мир, 1978. С. 11—57.
12. Мосесов М. Д., Попов В. П., Воробьев В. А. Исследование кинетики процесса разрушения бетона // Надежность и качество железобетонных конструкций : межвуз. сб. ст. Куйбышев, 1977. С. 83—85.
13. Берг О. Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. М. : Госстройиздат, 1961. 56 с.
14. Акчурун Т. К., Ушаков А. В. Теоретические и методологические вопросы определения характеристик трещиностойкости бетона при статическом нагружении. Волгоград, 2005. 407 с.
15. Зайцев Ю. В., Леонович С. Н. Прочность и долговечность конструкционных материалов с трещиной. Минск, 2010. 362 с.
16. Ушаков А. В., Акчурун Т. К. Методика графического выделения диаграмм упругого $R_u(f)$ и диссипативного $R_d(f)$ сопротивлений бетона из восходящей ветви диаграммы деформирования $R(f)$ // Социально-экономические и технологические проблемы развития строительного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства региона : материалы Всеросс. науч.-техн. конф. Волгоград, 2006. Ч. 1. С. 17—24.
17. Шевченко В. И. Применение методов механики разрушения для оценки трещиностойкости и долговечности бетона. Волгоград, 1988. 110 с.
18. Petersson P. E. Fracture energy of concrete // Cement and Concrete Research. 1980. Vol. 10. № 1. P. 78—89; 91—101.
19. Grudemo A. Microcracks, Fracture Mechanism and Strenth of the Cement Paste Matrix // Cem. and Concr. Research. Pergamon press, Inc., 1979. Vol. 9. Pp. 19—33.
20. Rice R. W. Pores as fracture origins in ceramics // J. Mater. Sci. 1984. Vol. 19. № 3. P. 895—914.

21. Витвицкий П. М., Панасюк В. В., Ярема С. Я. Пластические деформации в окрестности трещин и критерии разрушения (обзор) // Проблемы прочности. 1973. № 2. С. 3—18.
22. Щуров А. Ф., Еришова Т. А. Природа хрупкого разрушения цементного камня // Физика хрупкого разрушения. Тр. АН УССР. Киев, 1976. Ч. II. С. 99—102.
23. Акчури Т. К., Ушаков А. В. Связь модуля упругости с уклоном нисходящей ветви полностью равновесных диаграмм деформирования хрупких материалов // Региональные технологические и экономико-социальные проблемы развития строительного комплекса Волгоградской области : материалы. Науч.-техн. конф. 11—12 июля 2003 г., г. Михайловка Волгоградской обл. : в 2-х ч. Волгоград, ВолГАСА, 2003. Ч. 1. С. 167—173.
24. Несветаев Г. В. Закономерности деформирования и прогнозирование стойкости бетонов при силовых и температурных воздействиях : автореф. дисс... д-ра техн. наук. Ростов-н/Д : РостГСУ, 1998. 47 с.
25. Коротких Д. Н., Ушаков А. В. Характеристика показателей разрушения высокопрочных бетонов на основе анализа полных равновесных диаграмм их деформирования // Вестник Центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. Воронеж : РААСН, ВГАСУ, 2011. С. 76—89.
1. Korotkikh D. N., Kesariyski A. G. Issledovanie metodom lazernoi golograficheskoi interferometrii protsessa treshchinoobrazovaniya pri razrushenii vysokoprochnykh betonov // Vestnik Donbasskoi natsionalnoi akademii str-va i arkh. 2011. Vyp. № 4. S. 32—39.
2. Chernyshov E. M., Korotkikh D. N. Vysokotekhnologichnye vysokoprochnye betony: voprosy upravleniya ikh strukturoi. Sovremennye problemy stroitel'nogo materialovedeniya i tekhnologii : materialy Mezhdunarodnogo kongressa «Nauka i innovatsii v stroitel'stve». Т. 1. Kn. 2. 2008. S. 616—620.
3. Bazhenov Yu. M., Demyanova V. S., Kalashnikov V. I. Modifitsirovannye vysokokachestvennye betony. М. : ASV, 2006. 368 s.
4. Makridin N. I. Priroda konstruksionnoi prochnosti tsementnykh betonov : dis... d-ra tekhn. nauk. Penza, 1998. 368 s.
5. Slepyan L. I., Troyankina L. V. Teoriya treshchin: osnovnye predstavleniya i rezultaty. L. : Sudostroenie, 1976. 44 s.
6. Treshchinostoičnost betonov s razlichnoi stepenyu neodnorodnosti struktury / Yu. V. Zaitsev, K. A. Kovler, R. O. Krasnovski, I. S. Krol, M. Takher // Beton i zhelezobeton. 1989. № 11. S. 25—27.
7. Finkel V. M. Fizicheskie osnovy tormozheniya razrusheniya. М. : Metallurgiya, 1977. 360 s.
8. Rabotnov Yu. N. Problemy mekhaniki deformiruемого твердого тела. М. : Nauka, 1991. 194 s.
9. Gordon D. Pochemu my ne provalivaemysya skvoz pol. М. : Mir, 1971. 272 s.
10. Rabotnov Yu. N. Mekhanika deformiruемого твердого тела. М. : Nauka, 1988. 712 s.
11. Leng F. F. Razrushenie kompozitov s dispersnymi chastitsami v khрупkoi matritse // Kompozitsionnye materialy : v 8 t. Т. 5. Razrushenie i ustalost. М. : Mir, 1978. S. 11—57.
12. Mosesov M. D., Popov V. P., Vorobev V. A. Issledovanie kinetiki protsessa razrusheniya betona // Nadezhnost i kachestvo zhelezobetonnykh konstruksii : mezhvuz. sb. st. Kuybyshev, 1977. S. 83—85.
13. Berg O. Ya. Fizicheskie osnovy teorii prochnosti betona i zhelezobetona. М. : Gosstroyizdat, 1961. 56 s.
14. Akchurin T. K., Ushakov A. V. Teoreticheskie i metodologicheskie voprosy opredeleniya kharakteristik treshchinostoykosti betona pri staticheskom nagruzhении. Volgograd, 2005. 407 s.
15. Zaitsev Yu. V., Leonovich S. N. Prochnost i dolgovechnost konstruksionnykh materialov s treshchinoi. Minsk, 2010. 362 s.
16. Ushakov A. V., Akchurin T. K. Metodika graficheskogo vydeleniya diagramm uprugogo $R_u(f)$ i dissipativnogo $R_d(f)$ soprotivleni betona iz voskhodyashchei vetvi diagrammy deformirovaniya $R(f)$ // Sotsialno-ekonomicheskie i tekhnologicheskie problemy razvitiya stroitel'nogo kompleksa i zhilishchno-kommunalnogo khozyaistva regiona : materialy Vseross. nauch.-tekhn. konf. Volgograd, 2006. Ch. 1. S. 17—24.
17. Shevchenko V. I. Primenenie metodov mekhaniki razrusheniya dlya otsenki treshchinostoykosti i dolgovechnosti betona. Volgograd, 1988. 110 s.
18. Petersson P. E. Fracture energy of concrete // Cement and Concrete Research. 1980. Vol. 10. № 1. P. 78—89, 91—101.
19. Grudemo Å. Microcracks, Fracture Mechanism and Strenth of the Cement Paste Matrix // Cem. and Concr. Research - Pergamon press, Inc., 1979, Vol. 9. Pp. 19—33.

20. Rice R.W. Pores as fracture origins in ceramics. J. Mater. Sci., 1984. V. 19. № 3. P. 895—914.
21. Vitvitski P. M., Panasyuk V. V., Yarema S. Ya. Plasticheskie deformatsii v okrestnosti treshchin i kriterii razrusheniya (obzor) // Problemy prochnosti. 1973. № 2. S. 3—18.
22. Shchurov A. F., Yershova T. A. Priroda khrupkogo razrusheniya tsementnogo kamnya // Fizika khrupkogo razrusheniya. Tr. AN USSR. Kiev, 1976. Ch. II. S. 99—102.
23. Akchurin T. K., Ushakov A. V. Svyaz modulya uprugosti s uklonom niskhodyashchei vetvi polnostyu ravnovesnykh diagramm deformirovaniya khrupkikh materialov // Regionalnye tekhnologicheskie i ekonomiko-sotsialnye problemy razvitiya stroitelnogo kompleksa Volgogradskoi oblasti : materialy nauch.-tekhn. konf. 11—12 iyulya 2003 g., g. Mikhailovka Volgogradskoi obl. : v 2-h ch. Volgograd : VolGASA, 2003. Ch. 1. S. 167—173.
24. Nesvetaev G. V. Zakonomernosti deformirovaniya i prognozirovaniye stoykosti betonov pri silovykh i temperaturnykh vozdeystviyakh : avtoref... d-ra tekhn. nauk. Rostov n/D : RostGSU, 1998. 47 s.
25. Kоротких D. N., Ushakov A. V. Kharakteristika pokazatelei razrusheniya vysokoprochnykh betonov na osnove analiza polnykh ravnovesnykh diagramm ikh deformirovaniya // Vestnik Tsentralnogo regionalnogo otdeleniya Rossiiskoi akademii arkhitektury i stroitelnykh nauk. Voronezh : RAASN, VGASU, 2011. S. 76—89.

© Коротких Д. Н., 2012

Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Коротких Д. Н. Закономерности разрушения структуры высокопрочных цементных бетонов на основе анализа полных равновесных диаграмм их деформирования (часть 1) // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 56—67.

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

УДК 624.131

В. С. Боровик, В. Н. Синяков, Ю. Е. Прокопенко

**ХАРАКТЕРИСТИКА КОЛЕБАНИЙ ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ МОСТА ЧЕРЕЗ ВОЛГУ
В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Представлены результаты работ, выполненных в ВолгГАСУ, в области исследований закономерностей колебаний моста через Волгу в Волгограде.

К л ю ч е в ы е с л о в а: акустические волны, колебания моста, взрывчатые вещества

The results of the works which are carried out in VSUACE in the field of research the regularities of bridge oscillation through the Volga in Volgograd are presented.

K e y w o r d s: acoustical waves, bridge oscillate, explosive substance.

По данным Следственного комитета, 20 мая 2010 года с 17:47 до 19:30 по московскому времени на автодорожном мосту через р. Волга в Волгограде имели место колебания пролетного строения в вертикальной плоскости с амплитудой до 0,5 м [1, 2], частотой колебаний порядка 0,5 Гц. Колебания происходили «в судоходных пролетах моста длиной 155 м».

Металлическое пролетное строение, перекрывающее створ реки, имеет длину 1212,2 м (1213,4 м с температурными швами Maurer) [1]. Неразрезная балка пролетного строения (2×86,6+2×126+3×155+126+69) — ортотропная плита шириной 16 м, высотой 3,5 м, состоящая из плоских стальных листов и объединенной ребрами жесткости облегченной конструкции с толщиной стенок 10...12 мм [3, 4].

Следует отметить, что, по мнению ряда специалистов, колебания происходили при ветре, дувшем вдоль реки перпендикулярно мостовому сооружению со скоростью 15...17 м/с [4, 5]. В связи с этим принята официальная гипотеза, обосновывающая волновые колебания входом в начало срывного флаттера, то есть в автоколебания системы, состоящей из потока сплошной среды и твердого тела, вызываемые сходящими с тела вихрями Кармана. Однако эта гипотеза не находит подтверждения в контексте событий, имевших место как 20 мая, так и позже.

Основываясь на официальных данных метеослужбы Волгограда [1], характеризующих метеорологические условия в период с 01.01.2009 по 31.05.2010, мы установили: скорость ветра в день анализируемого события —

20 мая 2010 г. — составляла в 16:00 13 м/с; в 19:00 — 10 м/с. Направление ветра В, СВ.

Анализ метеорологических условий в другие дни показал, что, например, скорость ветра 4 февраля составляла в 00:00 13 м/с; в 03:00 — 14 м/с; в 09:00 — 17 м/с. Направление ветра соответствовало направлению 20 мая – В, СВ. Однако, несмотря на скорость ветра 17 м/с (превышающую скорость ветра 20 мая 2010 года), никаких изменений в состоянии и динамике пролетного строения не зарегистрировано.

Направление ветра В, СВ — близкое к перпендикулярному к оси моста.

Следует также отметить, что 24.01.2009, 03.02.2010, 04.02.2010, 16.02.2010, 23.02.2010, 08.03.2010 и 28.03.2010 скорость ветра превышала значение, достигнутое 20 мая 2010 года. Однако ни в один из указанных дней в состоянии и динамике пролетного строения моста никаких изменений не зарегистрировано.

Следовательно, для принятия скорости ветра в качестве причины возникновения волнообразных движений пролетного строения моста убедительные основания отсутствуют.

Мы считаем, что наиболее вероятной причиной возникновения колебаний пролетного строения моста через Волгу в Волгограде послужили взрывы боеприпасов, ликвидируемых в соответствии с Федеральной программой «Об организации уничтожения боеприпасов с истекшим сроком хранения с целью обеспечения безопасности военных объектов, населения, проживающего вблизи арсеналов, баз складов боеприпасов». Подрыв боеприпасов осуществляется на общевойсковом полигоне «Прудбой», расположенном примерно в 50 км от г. Волгограда [6]. Подрыв боеприпасов начался за два месяца до описываемого события, и на телефон ГОЧС Волгограда стала поступать информация о вибрации зданий и отдельных предметов. Анализ времени поступления сигналов от граждан о колебаниях зданий достаточно тесно коррелирован со временем подрыва боеприпасов.

Механическое воздействие типа удара (взрыва) всегда сопровождается более или менее длительным колебательным последствием, охватывающим значительные объемы среды пропорционально силе ударного воздействия. Распространение колебаний в упругой среде производится *волнами*; их характеристиками являются длина, форма и частота, а основными свойствами — энергия, импульс и скорость распространения в объеме [7].

Для техногенных явлений ударно-волнового воздействия на земную кору характерно только послеударное («афтершоковое») колебательное последствие. К негативным следствиям колебательных процессов относятся наблюдаемые природные и техногенные ситуации механического разрушения породных массивов, дорог и ограждений, а также промышленно-хозяйственных объектов [7].

Характерен пример запуска ракеты «Сатурн-3», доставившей первых астронавтов на Луну; колебания после старта ракеты фиксировались в радиусе до 1500 км в течение многих часов [7].

Поведение грунта при взрыве — сложный процесс, значительная часть которого протекает под одновременным воздействием продуктов взрыва, волны сжатия, а также волн разгрузки (растяжения). При удалении ударной волны от очага взрыва, и на достаточно больших расстояниях, скорость распространения

ударной волны приближается к скорости звука, а скорость перемещения среды, вызванного ударной волной, — к нулю, т. е. ударная волна вырождается в акустическую [11,12]. В настоящее время интересы военного ведомства сосредоточены в основном на той области воздействия ударной волны, где ощутимо влияние перемещения среды, вызывающее непосредственное механическое разрушение объектов.

Как показывают исследования специалистов, взрывы малого заряда, например 20 г, дают весьма высокие частоты до ~ 400 Гц. А, например, при взрыве 3,5 кт ВВ в каменной соли частота составляет ~ 1 Гц для сигналов на расстоянии в 10 км [10].

Как отмечалось выше, пролетное строение анализируемого моста — неразрезная металлическая балка коробчатого сечения. Известно, что частота собственных колебаний металлических пролетных строений зависит от их длины: по мере увеличения длины частота собственных колебаний уменьшается [11]. Используя данные [11] по обследованию мостов, с помощью метода интерполяции можно определить частоту собственных колебаний пролетного строения длиной 155 м. Она составляет менее 1 Гц. Таким образом, априори можно предполагать, что после взрыва характеристики акустических волн к моменту их достижения мостового сооружения были достаточно близки к характеристикам собственных колебаний пролетов длиной 155 м.

Инженерно-геологические условия анализируемого района, включая обшейсковой полигон, характеризуются неглубоким залеганием грунтовых вод. В водонасыщенных грунтах энергия взрыва передается в основном по воде, поэтому так же, как и при взрывах в воде, действие взрыва в таких грунтах по своему характеру близко к гидростатическому давлению, направленному одинаково во все стороны. Береговая опора моста на правом берегу р. Волги находится в устье р. Нижней Мечетки. Это небольшая по протяженности (до 10 км), но глубоковрезанная речная долина, в которой происходит разгрузка ергенинского, палеогенового и других водоносных горизонтов. Свыше пятидесяти лет назад долина была замыта песком со стороны Волги вплоть до Мамаева кургана. Правый подход к мосту в виде эстакады практически на всем протяжении проходит по этому участку.

Необходимо также иметь в виду, что колебания пролетного строения происходили 20 мая, когда уровень паводковых вод в Волге близок к максимуму. Таким образом, акустические волны беспрепятственно распространялись по водонасыщенным грунтам от места подрыва боеприпасов до опор моста.

Взрывы большого заряда — два по пятьдесят тонн (в тротиловом эквиваленте) с интервалом ~ 10 мин — предположительно вызвали акустические волны по направлению, в том числе, совпадающему с осью моста. Многими учеными отмечается, что большое значение для балочных мостов средних и больших пролетов имеет (особенно при высоких опорах) передача продольных сейсмических сил [12].

Приведенная информация позволяет сделать предположение, что акустические волны имели характеристики, близкие к характеристикам собственных колебаний трех пролетных строений длиной по 155 м, что и способствовало резкому возрастанию амплитуды колебаний этих пролетных строений.

Для иллюстрации рассмотрим математическую модель резонанса в пролетных строениях моста, вызванного акустическими волнами.

В качестве исходных принимаем посылки:

1. Колебания происходят в вертикальной плоскости, так что любая точка продольной оси симметрии пролета перемещается только перпендикулярно направлению, обозначенному на рис. 1 как OX ;

2. Напряжение во всех сечениях пролета одинаково по модулю и обозначено векторами $\bar{N}_1$ и $\bar{N}_2$ в точках M и K .

Функция $U = U(x; t)$ — обозначает величину отклонения точки оси симметрии с абсциссой X от положения равновесия в момент времени t .

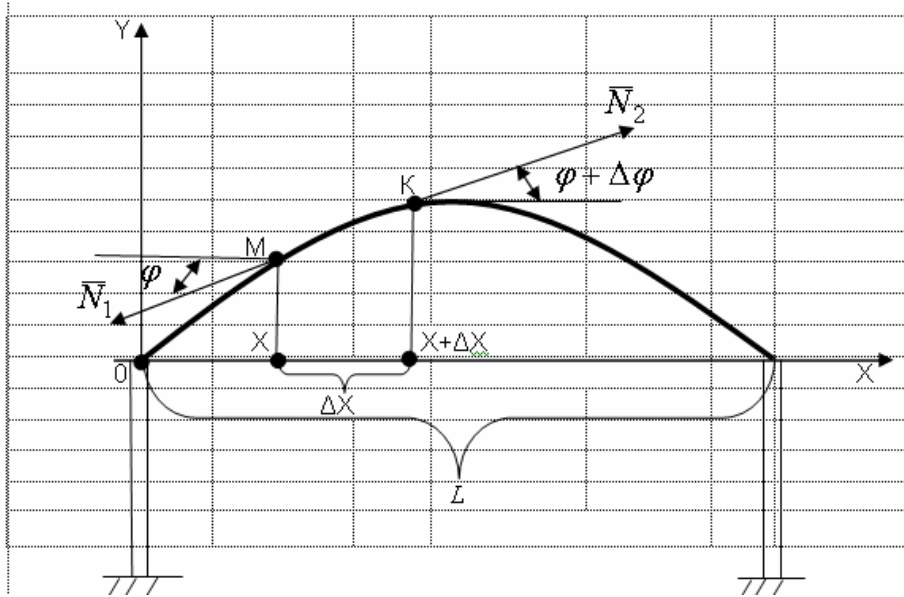


Рис. 1. Иллюстрация процесса колебания точек на оси симметрии пролета моста

3. Ввиду сохранения целостности пролетного строения моста будем считать, что любая точка сечения пролета совершает такие же колебания, как точка оси симметрии с той же абсциссой X .

На элемент пролета MN в направлении оси OY действует сила

$$\begin{aligned} & \left| \bar{N}_2 \right| \sin(\varphi + \Delta\varphi) - \left| \bar{N}_1 \right| \sin \varphi = \left| \bar{N} \right| (\sin(\varphi + \Delta\varphi) - \sin \varphi) \approx \\ & \approx \left| \bar{N} \right| (tg(\varphi + \Delta\varphi) - tg \varphi) = \left| \bar{N} \right| \left(\frac{\partial u(x + \Delta x, t)}{\partial x} - \frac{\partial u(x, t)}{\partial x} \right) = \\ & = \left| \bar{N} \right| \frac{\partial^2 u(x + \theta \Delta x, t)}{\partial x^2} \Delta x. \quad (0 < \theta < 1). \end{aligned}$$

При условии малых значений φ и $\Delta\varphi$ имеем:

$$\sin \varphi \approx tg \varphi \quad \text{и} \quad \sin(\varphi + \Delta\varphi) \approx tg(\varphi + \Delta\varphi).$$

Применимость теоремы Лагранжа для функции $U = U(x; t)$ следует из ее непрерывности по аргументам x и t и дифференцируемости по каждому из аргументов (т. е. следует из условий целостности пролетного строения).

Для малых Δx , т. е. $\theta \Delta x \approx 0$, обозначим линейную плотность через ρ , заменив $\frac{|\overline{N}|}{\rho} = a^2$ и обозначив вынуждающую силу через $W(x;t)$. Получаем:

$$\rho \Delta x \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = |\overline{N}| \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \Delta x + W(x;t) \Delta x. \quad (1)$$

Разделив (1) на $\rho \Delta x$, получим уравнение вынужденных колебаний оси симметрии пролетного строения:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{W(x;t)}{\rho}. \quad (2)$$

Чтобы описать вынужденные колебания пролетного строения, будем решать уравнение (2) при граничных условиях $u(0,t) = u(l,t) = 0$, что учитывает целостность элементов опор пролетного строения и при начальных условиях $u(x;0) = f(x)$, причем $f(0) = f(l) = g(0) = g(l) = 0$.

Применяя метод Фурье для решения уравнения (2), получим функцию $\frac{\partial u(x;0)}{\partial t} = g(x)$, $u = u(x;t)$, описывающую вынужденные колебания пролета моста:

$$\begin{aligned} u(x;t) &= \sum_{n=1}^{\infty} \left(\left(\frac{2}{l} \int_0^l f(x) \sin \frac{\pi n x}{l} dx \right) \cos \omega_n t + \left(\frac{2}{\omega_n l} \int_0^l q(x) \sin \frac{\pi n x}{l} dx - \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - \frac{2A\omega(1-(-1)^n)}{\pi n(\omega_n^2 - \omega^2)} \right) \sin \omega_n t + \frac{2A(1-(-1)^n)}{\pi n(\omega_n^2 - \omega^2)} \sin \omega t \right) \sin \frac{\pi n x}{l}. \\ u(x;t) &= \sum_{n=1}^{\infty} \left(\left(\frac{2}{l} \int_0^l f(x) \sin \frac{\pi n x}{l} dx \right) \cos \omega_n t + \left(\frac{2}{\omega_n l} \int_0^l q(x) \sin \frac{\pi n x}{l} dx \right) \times \right. \\ &\quad \times \sin \omega_n t \sin \frac{\pi n x}{l} + \frac{4A}{\pi} \sin \omega t \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\sin \frac{(2K+1)\pi x}{l}}{(2K+1)(\omega_{2K+1}^2 - \omega^2)} - \\ &\quad \left. - \frac{4A\omega}{\pi} \sum_{K=0}^{\infty} \frac{\sin \omega_{2K+1} t \sin \frac{(2K+1)\pi x}{l}}{\omega_{2K+1}(\omega_{2K+1}^2 - \omega^2)} \right). \end{aligned}$$

Получили искомое решение уравнения вынужденных колебаний (2).

Здесь:

$$y_1 = \left(\left(\frac{2}{l} \int_0^l f(x) \sin \frac{\pi n x}{l} dx \right) \cos \omega_n t + \left(\frac{2}{\omega_n l} \int_0^l q(x) \sin \frac{\pi n x}{l} dx \right) \sin \omega_n t \right) \sin \frac{\pi n x}{l}$$

описывает собственные колебания.

Следовательно:

$$y_2 = \frac{4A\omega}{\pi} \sin \omega t \sum_{K=0}^{\infty} \frac{\sin \frac{(2K+1)\pi x}{l}}{(2K+1)(\omega_{2K+1}^2 - \omega^2)} \text{ и}$$

$$y_3 = \frac{4A\omega}{\pi} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\sin \omega_{2k+1} t \sin \frac{(2k+1)\pi x}{l}}{\omega_{2k+1}(\omega_{2k+1}^2 - \omega^2)} \text{ — это «возмущение», вносимое вы-}$$

нуждающей силой.

Заметим, что $\omega \rightarrow \omega_n$ (n — нечетное), $y_2 \rightarrow \infty$, $y_3 \rightarrow \infty$, наблюдается резонанс, т.е. $\lim_{\omega \rightarrow \omega_n} y_2 = \infty$, $\lim_{\omega \rightarrow \omega_n} y_3 = \infty$ при n — нечетном и отсутствии затухания колебаний.

Из формулы

$$u(x;t) = \sum_{n=1}^{\infty} T_n(t) \sin \frac{\pi n x}{l}$$

следует геометрическая интерпретация колебаний пролета. Точки, остающиеся на месте, находятся из условия: $\sin \frac{\pi n x}{l} = 0 \Rightarrow x = 0; \frac{l}{n}; \frac{2l}{n};$

$\frac{3l}{n}; \dots; \frac{(n-1)l}{n}; l.$

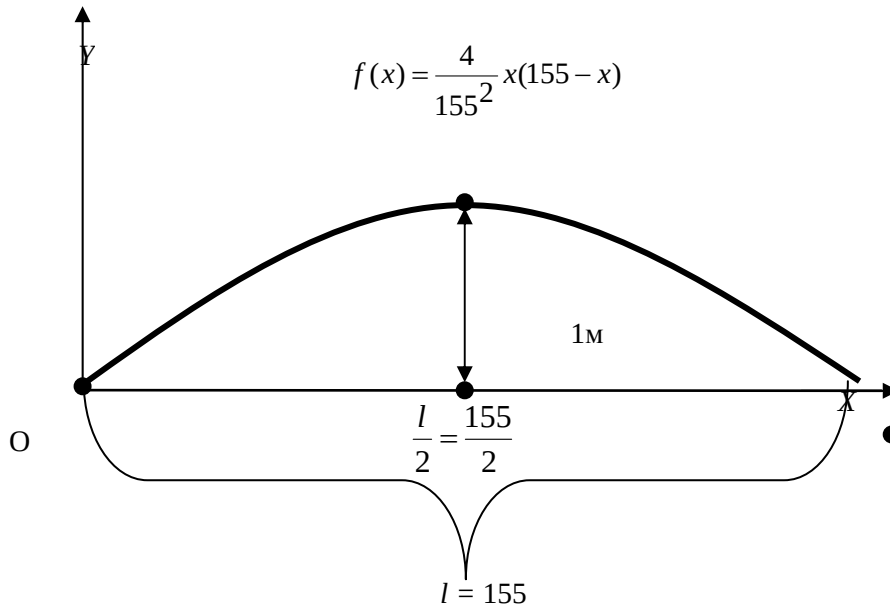


Рис. 2. Иллюстрация состояния пролета $l=155$ м в момент возрастания амплитуды колебаний (резонанс) под влиянием акустической волны

Полученные зависимости позволяют получить положение любой точки оси симметрии пролета моста в заданный момент времени.

Покажем на примере применение полученной функции $u(x;t)$.

Вычислим интеграл $\frac{2}{l} \int_0^l f(x) \sin \frac{\pi n x}{l} dx = J_n$.

Граничные условия $f(0) = f(155) = 0$; $f\left(\frac{155}{2}\right) = 1$.

$g(x) = 0$ — скорость перемещения точек оси симметрии пролета моста l с абсциссой x . Пролет пришел в колебание из состояния покоя. $\omega = 3$ — частота акустической волны; $A = 0,5$ м — амплитуда акустической волны

$$\begin{aligned} Y_n &= \frac{2}{155} \int_0^{155} \frac{4}{155^2} x(155-x) \sin \frac{\pi n x}{155} dx = \frac{8}{155} \int_0^{155} (155-x^2) \sin \frac{\pi n x}{155} dx = \\ &= \left\{ \begin{array}{l} 155-x^2 = u \quad du = (155-2x)dx \\ \sin \frac{\pi n x}{155} dx = dv \quad v = -\frac{155 \cos nx\pi}{\pi n} \end{array} \right\} = \\ &= \frac{8}{155^3} \left((155x-x^2) \left(-\frac{155}{\pi n} \right) \cos \frac{\pi n x}{155} \right) \Big|_0^{155} + \frac{155}{\pi n} \int_0^{155} (155-2x) \cos \frac{\pi n x}{155} dx = \\ &= \frac{8 \cdot 155}{\pi n 155^3} \int_0^{155} (155-2x) \cos \frac{\pi n x}{155} dx = \frac{8}{155^2 \pi n} \int_0^{155} (155-2x) \cos \frac{\pi n x}{155} dx = \\ &= \left\{ \begin{array}{l} 155-2x = u \quad \cos \frac{\pi n x}{155} dx = du \\ du = -2dx \quad v = \frac{155}{\pi n} \sin \frac{\pi n x}{155} \end{array} \right\} = \\ &= \frac{8}{155^2 \pi n} \left((155-2x) \frac{155}{\pi n} \sin \frac{\pi n x}{155} \right) \Big|_0^{155} + \frac{2 \cdot 155}{\pi n} \int_0^{155} \sin \frac{\pi n x}{155} dx \end{aligned}$$

Итак, имеем:

$$\begin{aligned} u(x;t) &= \sum_{n=1}^{\infty} \frac{16}{\pi^3 n^3} (1-(-1)^n) \cos \frac{\pi n t}{155} \sin \frac{\pi n t}{155} + \frac{4 \cdot 0,5}{\pi} \sin 3t \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\sin \frac{(2k+1)\pi x}{155}}{(2k+1)(\omega_{2k+1}^2 - \omega^2)} - \\ &- \frac{4 \cdot 0,5 \cdot 3}{\pi} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\sin \omega_{2k+1} t) \sin \frac{(2k)\pi x}{155}}{\omega_{2k}(\omega_{2k+1}^2 - \omega^2)}; \end{aligned}$$

$$\omega_n = \frac{\pi a n}{l} = \pi n, \quad \omega_{2k+1} = \frac{\pi a(2k+1)}{l}.$$

Определим значение $u(\frac{155}{2}; 1)$, т. е. отклонение от положения равновесия середины пролета через 1 с после начала колебаний, рассматривая 1-е гармоники (с самой большой амплитудой): $n=1, k=0$:

$$\begin{aligned} u\left(\frac{155}{2}; 1\right) &= \frac{16}{\pi^3 \cdot 1} (1 - (-1)^{-1}) \cos \pi \cdot 1 \cdot 1 \sin \frac{\pi \cdot 1 \cdot 155}{2 \cdot 155} + \\ &+ \frac{2}{\pi} \sin 3 \frac{\sin \frac{\pi 155}{2 \cdot 155}}{1(\pi^2 - 3^2)} - \frac{2 \cdot 3}{\pi} \cdot \frac{\sin \pi \cdot \sin \frac{\pi 155}{2 \cdot 155}}{\pi(\pi^2 - 3^2)} = \frac{16}{\pi^3} 2(-1) \cdot 1 + \\ &+ \frac{2}{\pi} \sin 3 \frac{1}{\pi^2 - 3^2} = \frac{-32}{30,96} + \frac{2}{3,14} 0,14 \frac{1}{0,8596} = \\ &= -1,032 + 0,14 \approx -0,89 \text{ (м)}. \end{aligned}$$

Таким образом, в заданных условиях точка на оси симметрии сместится через одну секунду на $-0,89$ м ниже положения равновесия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волгоградский мост. Wikipedia [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://ru.wikipedia.org/wiki/Волгоградский_мост (дата обращения : 14.11.2011).
2. Эксперты пришли к выводу, что Волгоградский мост находится в идеальном состоянии. ПолитРу [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.polit.ru/news/2010/05/24/most.html> (дата обращения : 14.11.2011).
3. Проектирование городских мостовых сооружений. МГСН 5.02-99 (07.09.1999 с изм. от 19.08.2003 и 29.03.2005) [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.docload.ru/Basesdoc/8/8233/index.htm> (дата обращения : 14.11.2011).
4. Бондарцев А. Колебания волгоградского моста через Волгу. Livejournal [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://abondarcev.livejournal.com/57338.html> (дата обращения : 14.11.2011).
5. Лобановский Ю. И. Дело о танцующем мосте [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.synergetics.ru/article/flutter.htm> (дата обращения : 14.11.2011).
6. Письмо Штаба Южного военного округа МО РФ №26\312 от 16.12.2010.
7. Чиков Б. М. Режимы короткопериодных колебаний в геологических процессах (обзор новой проблемы геодинамики) [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.sciteklibrary.ru/rus/catalog/pages/7544/html> (дата обращения : 14.11.2011).
8. Гурвич И. И., Бочанин Г. Н. Сейсмическая разведка. М. : Недра, 1980.
9. Капустин В. В. Применение сейсмических и акустических технологий при исследовании состояния подземных строительных конструкций // Технология сейсморазведки. 2008. № 1.
10. Вильчинская Н. А., Николаевский В. Н. Акустическая эмиссия и спектр сейсмических сигналов // Известия АН СССР. Физика земли. 1984. № 5.
11. Результаты полномасштабного обследования и испытания сталежелезобетонных пролетных строений железнодорожных мостов Сибири и Дальнего Востока / С. А. Бокарев, Л. О. Соловьев, Д. Н. Цветков, Е. В. Рогова // Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей. Вестник ТГАСУ. 2009. № 2.
12. Особенности конструкций мостов в сейсмических районах [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.hw-nsk.ru/load/4-1-0-319> (дата обращения : 14.11.2011).

1. Volgogradski most. Wikipedia [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa : http://ru.wikipedia.org/wiki/Volgogradskiy_most (data obrasheniya : 14.11.2011).
2. Eksperty prishli k vyvodu, chto Volgogradski most nakhoditsya v idealnom sostoyanii. PolitRu [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa : <http://www.polit.ru/news/2010/05/24/most.html> (data obrasheniya : 14.11.2011).

3. *Proyektirovaniye gorodskikh mostovykh sooruzheniy*. MGSN 5.02-99 (07.09.1999 s izm. ot 19.08.2003 i 29.03.2005) [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa : <http://www.docload.ru/Basesdoc/8/8233/index.htm> (data obrasheniya : 14.11.2011).
4. *Bondartsev A.* Kolebaniya volgogradskogo mosta cherez Volgu. Livejournal [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa : <http://abondartsev.livejournal.com/57338.html> (data obrasheniya : 14.11.2011).
5. *Lobanovski Yu. I.* Delo o tantsuyushchem moste [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa : <http://www.synerjetics.ru/article/flutter.htm> (data obrasheniya : 14.11.2011).
6. *Pismo Shtaba Yuzhnogo voyennogo okruga MO RF №26\312* ot 16.12.2010.
7. *Chikov B. M.* Rezhimy korotkoperiodnykh kolebaniy v eologicheskikh protsessakh (obzor novoy problemy geodinamiki) [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa : <http://www.sciteklibrary.ru/rus/catalog/pages/7544/html> (data obrasheniya : 14.11.2011).
8. *Gurvich I. I., Bochanin G. N.* Seysmicheskaya razvedka. M. : Nedra, 1980.
9. *Kapustin V. V.* Primeneniye seysmicheskikh i akusticheskikh tekhnologiy pri issledovanii sostoyaniya podzemnykh stroitelnykh konstruktsiy // Tekhnologiya seysmorazvedki. 2008. № 1.
10. *Vilchinskaya N. A., Nikolayevskiy V. N.* Akusticheskaya emissiya i spektr seysmicheskikh signalov // Izvestiya AN SSSR. Fizika zemli. 1984. №5.
11. Rezultaty polnomasshtabnogo obsledovaniya i ispytaniya stalezhelezobetonnykh proletnykh stroyeni zheleznodorozhnykh mostov Sibiri i Dalnego Vostoka / S. A. Bokarev, L. O. Solovyev, D. N. Tsvetkov, Ye. V. Rogova // *Proyektirovaniye i stroitelstvo dorog, metropolitenov, aerodromov, mostov i transportnykh tonneley*. Vestnik TGASU. 2009. № 2.
12. Osobennosti konstruktsiy mostov v seysmicheskikh rayonakh. Rezhim dostupa : <http://www.hw-nsk.ru/load/4-1-0-319> (data obrasheniya : 14.11.2011).

© Боровик В. С., Синяков В. Н., Прокопенко Ю. Е., 2012

Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Боровик В. С., Синяков В. Н., Прокопенко Ю. Е. Характеристика колебаний пролетного строения моста через Волгу в сложных инженерно-геологических условиях // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 68—76.

УДК 625.71(1-21)

М. М. Девятков, Е. С. Полякова

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ УЛИЦ И ДОРОГ МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ

Проанализирована классификация улиц и дорог разных авторов, приведены результаты обследования улиц и дорог местного значения г. Волгограда. Предложена альтернативная функциональная классификация улиц и дорог местного значения с учетом зонирования территорий города в соответствии с Градостроительным кодексом, функциональных особенностей местной дорожной сети.

К л ю ч е в ы е с л о в а: функциональная классификация улиц и дорог местного значения; связь, сбор, освоение, доступ как функции улиц и дорог.

The classification of streets and roads of different authors are analyzed. Survey results of local streets and roads of Volgograd are quoted. The alternative functional classification of local streets and roads is offered in view of the city zoning in accordance with the Town Planning Code, the functional characteristics of the local network.

К e y w o r d s: functional classification of local streets and roads; communication, data collection, development, access as function of streets and roads.

Еще в 1953 г. отмечалось, что классификация улиц и дорог — «это методологическая основа для построения рациональной транспортной системы путей сообщения» [1].

В связи с существенно изменившимся составом, режимом движения транспортных потоков, расширением и изменением функций участков улиц и дорог в последние годы возникла проблема учета функциональных особенностей улиц и дорог в процессе их модернизации. Это, в свою очередь, требует пересмотра существующих сегодня классификаций улиц и дорог [2].

В настоящее время в проектах планировки городов допускается использовать классификацию улиц и дорог, включенную в СНиП 2.07.01—89* «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [2], в которой наиболее четко прописано значение автомобильных дорог скоростного и регулируемого движения в структуре магистральной сети городов. Данной классификацией предусматривается, что улично-дорожная сеть (далее УДС) формируется:

а) подсистемой магистральных дорог для интенсивных автомобильных потоков, образующихся на связях промышленных, жилых районов и пригородной зоны, на входах внешних автомобильных дорог в города, подъездах к терминалам, грузовым станциям, зонам массового отдыха населения;

б) подсистемой магистральных улиц, предназначенных для движения общественного пассажирского, легкового и, частично, грузового транспорта;

в) системой улиц и дорог местного значения (далее УДМЗ), которые ежедневно используются населением для передвижения внутри района, характеризуются разнообразной плотностью и этажностью застройки. УДМЗ не предназначены для пропуска транзитных грузовых потоков, но имеют выход к магистральным улицам с движением грузового транспорта.

При распределении дорог по категориям руководствуются в основном интенсивностью движения на них. Главным недостатком такой классифика-

ции, на наш взгляд, является отсутствие системного учета сопутствующих факторов.

Более современная классификация приводится в МДС 30-2.2008. «Рекомендации по модернизации транспортной системы городов» [3, раздел 2, таблица № 3]. Она сохраняет преемственность общепринятой классификации улиц и дорог в городах [2], но вместе с этим уточняет принципиальные положения функционального назначения, планировочного и технического оснащения улиц и дорог в городах. Эта классификация улиц и дорог в основном распределяет улицы и дороги по двум уровням:

магистральные дороги скоростного и регулируемого движения (МДСД, МДРД) (по новой классификации именуемые интермодальные дороги скоростного движения и мультимодальные магистральные улицы непрерывного движения), которые, являясь транспортным каркасом, обеспечивают пропуск внешнего и внутригородского транзитного автомобильного движения, транспортные связи между крупными планировочными зонами и районами города [3, п. 2.6], то есть выполняют функцию связи;

магистральные улицы общегородского значения регулируемого движения и районного значения транспортно-пешеходные (МУОГЗРД и МУРЗТП) (по новой классификации, улицы и дороги непрерывного движения) — функция освоения территории.

Таким образом, классификации главных магистралей города направлены на обеспечение в городах единой улично-дорожной сети, обеспечивающей связи между территориями и их освоение на межрайонном и внутрирайонном уровнях.

Вместе с тем, УДМЗ не уделяется должного внимания. Дифференциация этой категории улиц и дорог проведена без учета их функциональных особенностей, связанных с обеспечением сбора транспортных потоков, непосредственного доступа к объектам, возникающими проблемами из-за паркующегося транспорта, проведения в пределах проезжей части погрузо-разгрузочных работ, посадкой и высадкой пассажиров и т. п.

В статье [4] А. А. Агасьянца предложена классификация улиц и дорог, направленная на решение принципиальных задач организации основной сети магистралей для обеспечения транспортных связей города и агломерации, между крупными планировочными зонами и районами города, для пропуска части внешнего и внутригородского транзитного автомобильного движения. Автором предлагается оборудовать основную сеть скоростных магистралей системой полного или частичного контроля движения транспорта, что позволит изолировать скоростные потоки от местного движения. Местная, капиллярная сеть, в свою очередь, должна быть полностью подчинена планировочной идее формирования застройки районов, направлена на снижение скорости движения транспорта до 20...40 км/ч на подъездах к жилым и общественным комплексам, отдельным зданиям, автостоянкам и прочим объектам.

Такая классификация УДС, на наш взгляд, позволит реализовать дифференцированный подход к учету функциональных особенностей в зависимости от значений дорог в УДС (связь, сбор I, сбор II (освоение), доступ), а также функциональное назначение прилегающей территории.

Анализ существующего российского [2, 3, 4] и зарубежного опыта [5, 6, 7] классификации участков УДС, а также усложнившихся условий движения транспортных потоков в городах, новая регламентация градостроительных

требований застройки различных районов [8] диктуют необходимость дальнейшей конкретизации функциональных особенностей и транспортного назначения УДМЗ.

Осуществить рациональную планировочную реорганизацию УДМЗ возможно при условии четкой дифференциации транспортных потоков с учетом функциональных особенностей различных градостроительных зон города. С целью решения данной задачи нами было проведено обследование УДМЗ г. Волгограда, которое показало, что протяженность УДМЗ превосходит другие категории городских улиц и дорог (рис 1, 2), а значит, основная нагрузка при передвижении транспортных средств внутри района ложится на местную сеть.

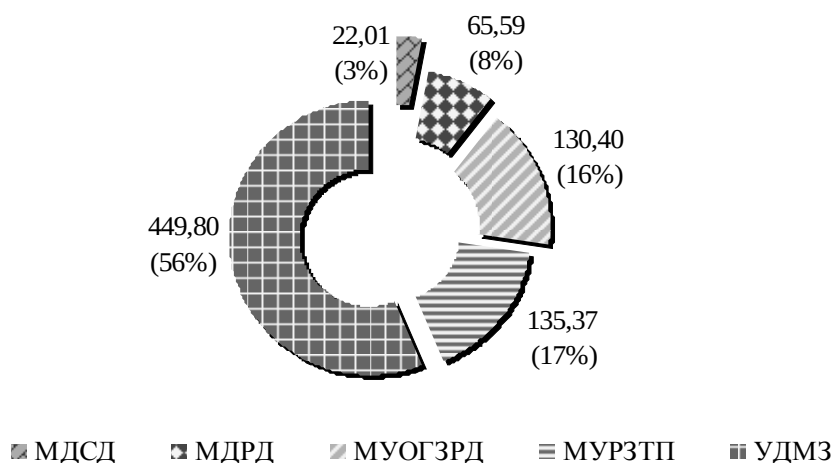
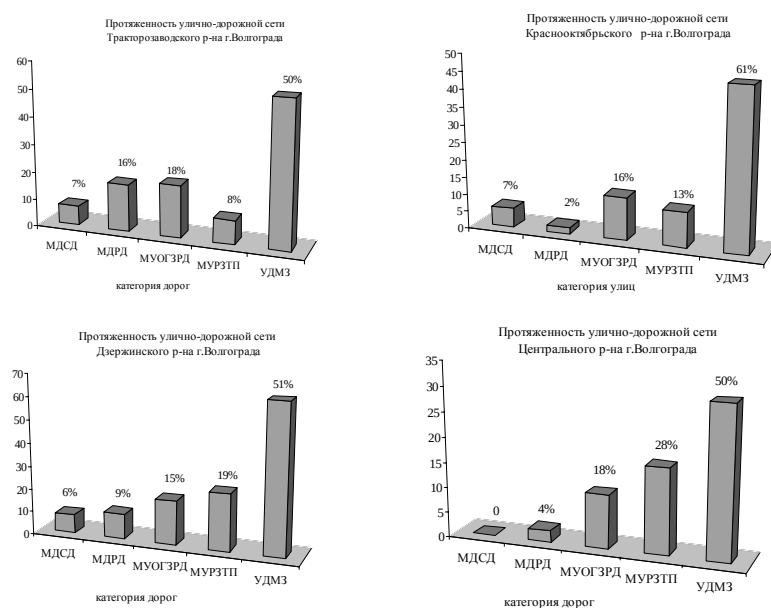


Рис. 1. Протяженность городских улиц и дорог, км, по категориям дорог г. Волгограда по состоянию на 2007—2008 гг.



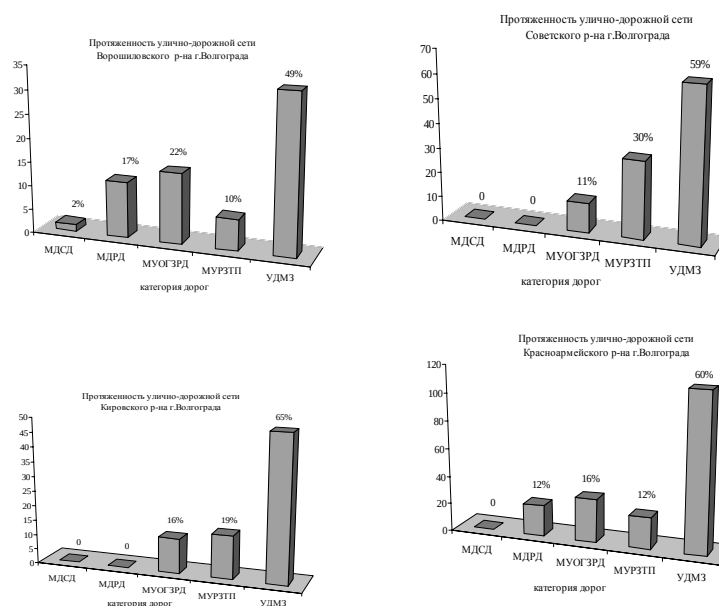


Рис. 2. Протяженность городских улиц и дорог по категориям, км, в районах г. Волгограда МДСД — магистральные дороги скоростного движения, МДРД — магистральные дороги регулируемого движения, МУОГЗРД — магистральные улицы общегородского значения регулируемого движения, МУРЗТП — магистральные улицы районного значения транспортно-пешеходные, УДМЗ — улицы и дороги местного значения)

Каждый из районов города сочетает в себе несколько функциональных зон [глава 9, п. 9.1]. Для дальнейшего исследования наибольший интерес представляют зоны с застроенными территориями. Деление территории на функциональные зоны проводится с учетом данных земельно-кадастрового зонирования государственного земельного кадастра [10].

Жилые зоны определяют территории для различных типов жилой и общественной застройки.

Общественно-деловые зоны предназначены для размещения комплексов объектов культурно-бытового обслуживания населения, здравоохранения, культуры, торговли, общественного питания, бытового обслуживания, коммерческой деятельности и т. п.

К производственным зонам относят территории, предназначенные для размещения промышленных, коммунальных и складских объектов, обеспечивающих функционирование инженерной и транспортной инфраструктур.

Рекреационные зоны предназначены для организации отдыха, лечения и оздоровления населения, занятий спортом и туризмом. В состав зон входят участки стационарных рекреационных учреждений и участки для массового кратковременного отдыха населения.

Независимо от района города и зоны, в которой расположен район, необходимо разделять УДМЗ по категориям (рис. 3), учитывая следующие основные функции:

Сбор I — функциональное назначение дорог, которые обеспечивают выход транспортного потока с местной сети на основные магистрали города;

Сбор II (освоение) — функциональное назначение дорог, которые предназначены для обслуживания прилегающей территории, объединение дорог (участки дорог) на застроенной территории;

Доступ (подъезд) — функциональное назначение дорог, которые предназначены для непосредственного подъезда к зданиям или комплексам зданий, дворам, а также к удаленной от основного массива застроенной территории.

Хочется обратить внимание и на тот факт, что в настоящее время в разной нормативной и научной литературе [11, 12] при описании местной сети крупных городов допускается употребление терминов «улица» и «дорога», но отсутствует строгое определение этих терминов. В связи с этим мы считаем необходимым ввести следующую трактовку этих важных дорожных терминов применительно к местной сети:

улица — объект транспортной инфраструктуры на территории района города, расположенный обычно между рядами застройки и предназначенный для ее транспортного обслуживания, сбора транспортного потока (преимущественно легкового) и движения городского пассажирского транспорта массового пользования, а также пешеходов, обеспечивающий выход на магистральные улицы общегородского значения;

дорога (городская) — объект транспортной инфраструктуры на территории района города, удаленный от прилегающей застройки, обеспечивающий доступ к ней, предназначенный для движения (легкового и грузового) автомобильного транспорта.

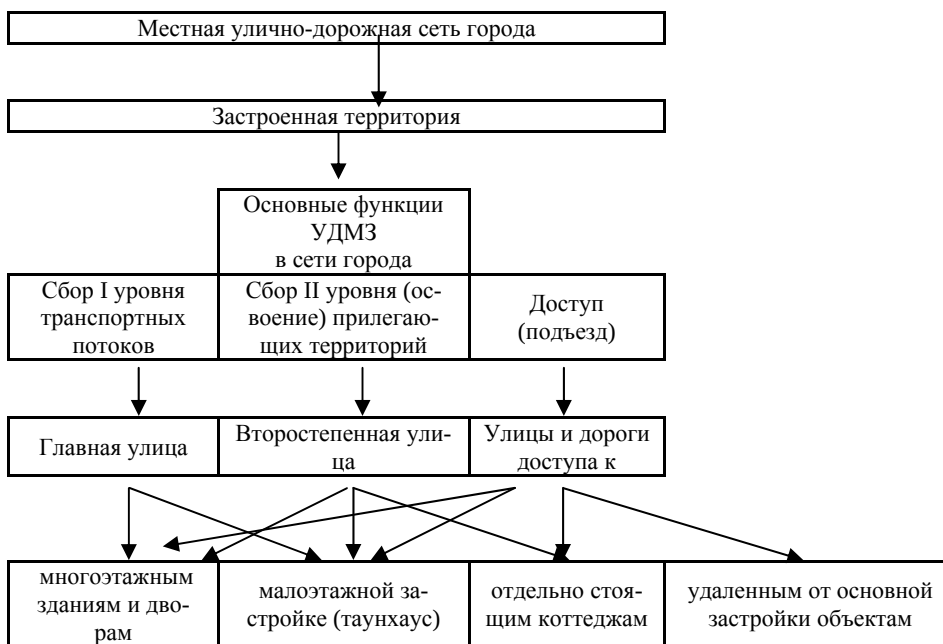


Рис. 3. Функциональное назначение участков УДМЗ в общей УДС города

Такой подход к классификации УДМЗ позволит правильно идентифицировать любой участок местной сети крупных городов. Выделяя функциональное назначение, а также принимая во внимание градостроительную зону

расположения УДМЗ, мы сможем определить требования к параметрам местной сети (табл.). В таблице приведены предварительные значения, с учетом зарубежного опыта [5, 6], которые будут уточняться в результате настоящих исследований.

Характерные параметры участков УДМЗ в зависимости от их функционального значения

Наименование параметров	Функциональная категория УДМЗ		
	Сбор I уровня	Сбор II уровня (освоение)	Доступ (подъезд)
Протяженность	От 500...1000 м	Зависит от обслуживаемой территории	Зависит от удаленности объекта
Скорость сообщения	До 60...40 км/ч	До 30...50 км/ч	20...30 км/ч
Вид застройки	- многоэтажные здания и дворы; - малоэтажная застройка (таунхаус)	- многоэтажные здания и дворы; - малоэтажная застройка (таунхаус); - отдельно стоящие коттеджи	-многоэтажные здания и дворы; -многоэтажные здания и дворы; -малоэтажная застройка (таунхаус); -отдельно стоящие коттеджи
	Зависит от зоны города и значения в УДС		
Интенсивность движения транспорта	Изменяется в зависимости от зоны города		
Характеристика транспортного потока	Смешанный поток	Смешанный поток, необходимо ограничение грузового движения	Смешанный поток
Ширина проезжей части	4 полосы движения, по 2 полосы в каждую сторону	От 2 до 4 полос движения, 1—2 в каждую сторону	2 полосы движения, по одной в каждую сторону
Особые условия	связь с улицами той же категории происходит в общем аналогичными плану узловыми пунктами при помощи светофорного регулирования или кольцевого движения	а) связь с главными улицами происходит с помощью аналогичных плану узловых пунктами с устройством светофорного регулирования; б) связь с улицами той же категории происходит аналогичными плану узловыми пунктами с или без устройств светофорного регулирования или кольцевого движения; в) наличие велосипедного движения	а) связь с второстепенными улицами происходит преимущественно без устройства светофорного регулирования; б) необходима возможность парковки и площадей для маневренности ТС

Таким образом, на основе изучения существующих классификаций участков улично-дорожной сети городов, российского [2] и зарубежного [5, 6] опыта и современных предложений по совершенствованию данных класси-

фикаций [4, 13] нами предложена функциональная классификация улиц и дорог местного значения (рис. 4). Такая классификация позволит обоснованно идентифицировать участки УДС с учетом их современного функционального назначения в общей улично-дорожной сети города (связь, сбор I уровня, сбор II уровня (освоение), доступ), а также в зависимости от обслуживаемой ими градостроительной зоны. Это даст возможность вырабатывать обоснованные, дифференцированные, в зависимости от функционального назначения улиц и дорог, а также обслуживаемой ими зоны, решения по модернизации и развитию улично-дорожной сети крупных городов (рис. 5, 6).



Рис. 4. Функциональная классификация УДМЗ



Рис. 5. Функциональная классификация на примере фрагмента УДС УДМЗ Советского района г. Волгограда

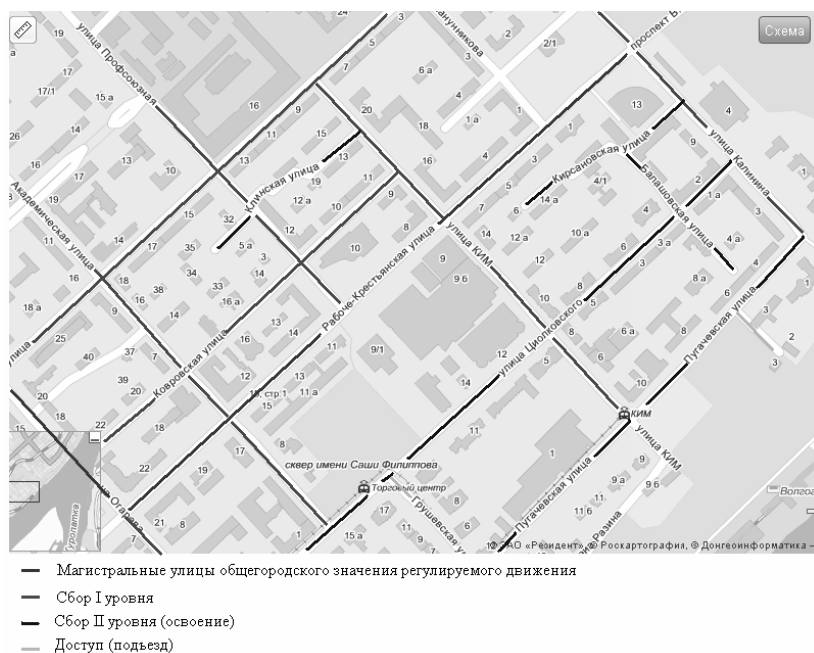


Рис. 6. Функциональная классификация на примере фрагмента УДС УДМЗ Ворошиловского района г. Волгограда

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поляков А. А. Городское движение и планировка улиц. М. : Гос. изд-во лит-ры по строительству и арх., 1953. 252 с.
2. СНиП 2.07.01—89*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. М. : Госстрой России, ГУП ЦПП, 2002.
3. МДС 30-2.2008. Рекомендации по модернизации транспортной системы городов, (РААСН) ЦНИИП градостроительства. М., 2008.
4. Агасьянц А. А. Какая же классификация улиц и дорог необходима для градостроительного проектирования? // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : науч. материалы XIV Международной (семинарской) науч.-практ. конф. Екатеринбург : АМБ, 2008. С. 40—50.
5. Девятков М., Кюхлер Р. Основы дорожного дела. Волгоград : ВолгГАСУ, 2001. С. 66—75.
6. Grundlagen der Infrastrukturplanung. Teil 2. 2008. Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Kuchler. Straßen und Verkehrsplanung.
7. Особенности новых классификаций городских улиц и дорог / А. Ю. Михайлов, Р. Ю. Мясников, С. В. Карасов, С. Л. Чекалина // Соц.-экон. проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния. материалы X Международной. науч.-практ. конф. Екатеринбург : АМБ, 2004. С. 75—83.
8. Правила землепользования и застройки городского округа город-герой Волгоград : утв. решением Волгоградской городской думы от 15 сентября 2010 г. 36/1087.
9. Градостроительный кодекс Волгоградской области от 10 июня 2002 г. 715-ОД. Гл. VII. Функциональное зонирование территорий городских и сельских поселений. Принят областной Думой 25 апреля 2002 года.
10. Градостроительный кодекс Российской Федерации (с изм. на 21 июля 2011 г.).
11. Закон Российской Федерации «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации» от 08.11.2007, ст. 3, п. 1.
12. Ожегов С. И. Словарь русского языка. М. : Советская энциклопедия, 1972.
13. Девятков М. М. О единой классификации автомобильных дорог и улично-дорожной сети городов // Наука и техника в дорожном строительстве. 2011. № 2.

1. Polyakov A. A. Gorodskoe dvizhenie i planirovka ulits. M. : Gos. izd-vo lit-ry po stroitelstvu i arkh., 1953. 252 s.
2. SNiP 2.07.01—89*. Gradostroitelstvo. Planirovka i zastroika gorodskikh i selskikh poseleni. M. : Gosstroi Rossii, GUP TSPP, 2002.
3. MDS 30-2.2008. Rekomendatsii po modernizatsii transportnoi sistemy gorodov, (RAACN) TSNIIP gradostroitelstva. M., 2008.
4. Agasyants A. A. Kakaya zhe klassifikatsiya ulits i dorog neobkhodima dlya gradostroitel'nogo proektirovaniya? // Sotsialno-ekonomicheskie problemy razvitiya transportnykh system gorodov i zon ikh vliyaniya : nauch. materialy XIV Mezhdunarodnoi (semnadsatoi Eraterinburgskoi) nauch.-prakt. konf. Eraterinburg : AMB, 2008. S. 40—50.
5. Devyatov V., Kyukhler R. Osnovy dorozhogo dela. Volgograd : VolgGASU, 2011. S. 66—75.
6. Grundlagen der Infrastrukturplanung. Teil 2. 2008. Fakultat fur Bauingenieurwesen und Umwelttechnik Prof. Dr.-Ing. Rudiger Kuchler. Straen und Verkehrsplanung.
7. Osobennosti novykh klassifikatsii gorodskikh ulits i dorog / A. Yu. Mikhaylov, R. Yu. Myasnikov, S. V. Karasov, S. L. Chekalina // Sots.-ekon. problemy razvitiya transportnykh system gorodov i zon ikh vliyaniya : materialy X Mezhdunarodnoi nauch.-prakt. konf. Eraterinburg: AMB, 2008. S. 75—83.
8. Pravila zemlepolzovaniya i zastroyki gorodskogo okruga gorod-geroi Volgograd : utv. resheniem Volgogradskoi gorodskoi dumy ot 15 sentyabrya 2010 g. 36/1087.
9. Gradostroitelnyi kodeks Volgogradskoi oblasti ot 10 iyunya 2002 g. № 715-OD. Gl. VII. Funktsionalnoe zonirovaniye territorii gorodskikh i selskikh poseleni. Prinyat oblastnoy Dumoi 25 aprelya 2002 goda.
10. Gradostroitelny kodeks Rossiyskoi Federatsii (s izmeneniyami na 21 iyulya 2011 g.).
11. Zakon Rossiyskoi Federatsii «Ob avtomobilnykh dorogakh i o dorozhnoy deyatelnosti v Rossiyskoi Federatsii» ot 08.11.2007, st 3, p. 1.
12. Ozhegov S. I. Slovar russkogo yazyka. M. : Sovetskaya entsiklopediya, 1972.
13. Devyatov M. M. O edinoi klassifikatsii avtomobilnykh dorog i ulichno-dorozhnoy seti gorodov // Nauka i tekhnika v dorozhnom stroitelstve. 2011. № 2.

© Девятков М. М., Полякова Е. С., 2012

Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Девятков М. М., Полякова Е. С. Функциональная классификация улиц и дорог местного значения в крупных городах // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 77—85.

УДК 712.3/.7:711.7

И. В. Сотникова, Л. Шенк

ФОРМИРОВАНИЕ ГОРОДСКИХ КОММУНИКАЦИОННЫХ ПРОСТРАНСТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА «SHARED SPACE»

Выявлены основные проблемы в коммуникационных пространствах российских городов. Рассмотрено понятие «shared space» и возможность применения данного метода в российских городах. Рассмотрены основные проекты «shared space» в городах Германии и Швейцарии — Бомте, Констанце, Кройслингене.

К л ю ч е в ы е с л о в а: городские коммуникационные пространства, улицы и площади, общественные пространства, «shared space», реструктуризация транспортных пространств, дорожная безопасность.

The basic problems in communication spaces of the Russian cities are revealed. The concept “shared space” and possibility of application this method in the russian cities is considered. The basic projects “shared space” in cities of Germany and Switzerland — Bohmte, Konstanz, Kreizlingen — are considered.

К e y w o r d s: city communication spaces, streets and areas, public spaces, “shared space”, restructuring of transport spaces, road safety.

1. Проблемы. Рост крупнейших российских городов, в частности, Москвы, Санкт-Петербурга (рис. 1), Волгограда и др., вызывает увеличение интенсивности движения и делает сложившуюся структуру коммуникаций все менее эффективной с точки зрения обеспечения пропускной способности магистралей. Наиболее проблематичным становится использование общественных пространств пешеходами и велосипедистами. Этот процесс связан с возрастанием мобильности человека и многообразием мотиваций его передвижения в современном городе и оказывает большое влияние на формирование связующих элементов городской ткани.



Рис. 1. Пространство перед торговым центром в Санкт-Петербурге, фото Н. Керимова

Понятие городской сети должно быть проанализировано с двух точек зрения: с одной стороны, важно создание условий для безопасного и эффективного транзитного движения пешеходов, автомобилей, общественного

транспорта и велосипедистов; с другой — необходимо создание безопасных пространств — коммуникаций для человека, связывающих основные транспортные и пешеходные потоки между городскими районами.

Увеличение числа автомобилей в городах привело к ряду экологических, социальных и эстетических проблем. Их решение требует адекватных новаторских решений, которые являются основой для пересмотра многих традиционных подходов к благоустройству улиц и площадей. Конфликт между транспортом и пешеходом является одним из основных [1]. Одним из наиболее показательных проявлений данного конфликта является увеличение ДТП (дорожно-транспортных происшествий) на улицах городов (рис. 2). Только в Санкт-Петербурге число ДТП за последние шесть лет увеличилось более чем на 15% [2].



Рис. 2. Динамика пострадавших в ДТП в Волгограде с 1998 по 2006г.

С целью снижения ДТП возможно применение метода реструктуризации городских улиц с целью выделения гарантированных полос движения для автомобилей, велосипедистов, а также пешеходов. Повышение качеств коммуникационных пространств, с точки зрения различных аспектов, может достигаться путем *многоуровневого расслоения и ландшафтной идентификации города*. Применение таких методов направлено на формирование комфортной и безопасной для человека среды городских улиц, площадей с учетом бережного отношения к существующему природному каркасу. Транспортное планирование может влиять на эффективность использования таких пространств и, выходя за рамки этой системы, формировать пространства, в которых велосипедное движение, например, не нарушает размещение автостоянок, а пешеходные потоки пересекаются с транспортными [3]. В итоге образуются пространства «общения».

2. Что такое «shared space». Одним из направлений усовершенствования дорожной безопасности в Европе является создание «shared space» с целью понимания людьми общественного пространства и повышения концентрации их внимания, где ходьба, передвижение на велосипеде или авто-

мобиле становятся произвольными комбинациями. Реализованные проекты «shared space» в Германии, а также в других европейских странах, с использованием средств ландшафтного дизайна, не требующих больших затрат, подтверждают эффективность применения этого направления.

Термин «shared space» был введен в 2003 г. Беном Хамильтоном-Баилли (градостроитель) и развит Гансом Мондермэнном (инженер по транспорту) [4]. Главной особенностью улицы, разработанной по данному принципу, является отсутствие традиционных дорожных маркировок, знаков, транспортных сигналов и различия между «дорогой» и «тротуаром». Есть лишь намеки на разграничения. На таких улицах люди становятся более внимательными друг к другу и могут двигаться только с разумной скоростью. Водитель теряет свое доминирование и становится неотъемлемой частью социального и культурного общества. Изучаемый Гансом Мондерманом эффект компенсации риска является парадоксом, когда уменьшение регулирования на улицах приводит к более безопасным пространствам [5].

Тем не менее, многие вопросы остаются открытыми для критических исследований, например такие, как использование этих пространств для людей с ослабленным зрением.

3. Планируемые и реализованные проекты «shared space». Первый экспериментальный проект «shared space» был реализован в 2008 г. В Германии в нижнесаксонском городе Бомте (рис. 3) в рамках программы развития инфраструктуры ИНТЕРРЕГ Европейского союза. Благодаря хорошо документированной оценке проведенных исследований реализации данного проекта в социальном аспекте, с точки зрения безопасности и движения, он стал основой для планирования дальнейших проектов в Германии и Европе.

Проектировщики «shared space» в Бомте оставили некоторые знаки на поверхности земли, которые помогают людям интерпретировать данную ситуацию в соответствии с немецкими правилами движения. Сигнальные знаки — рифленый бетон на поверхности земли для людей с ослабленным зрением.



Рис. 3. «Shared space» в Bohmte, фото: администрация Bohmte

Социальный опрос населения выявил положительные и отрицательные стороны данного проекта. Положительным в данном случае является то, что 40 % населения отметили улучшение качества воздуха, 17 % предпринимателей — увеличение розничных продаж за счет более активного использования пространства пешеходами, улучшение качества пространства для детей. Около 80 % положительно отзывались о переходе к «shared space». В то же время

многие респонденты критиковали отсутствие правил дорожного движения на улице. Почти 50 % выбрали «меньше» или «гораздо меньше» времени, чтобы им перейти через улицу. Но в тоже время более 40 % указали обратное «больше» или «гораздо больше» времени.

Проект в Бомте был реализован под названием «shared space», хотя в Германии отсутствует четкое определение данного пространства. В настоящее время в районе озера Бодензе планируется два проекта по методу «shared space». На стороне Германии в Констанце проводится редизайн привокзальной площади и со стороны Швейцарии реконструкция главной улицы в Кройслингене [6]. С 2001 г. в Швейцарских правилах дорожного движения введено понятие «зона встреч» (Begegnungszone). Это зона смешанного движения, где равные права имеют автомобили, мотоциклы, велосипеды, и скорость их движения не должна превышать 20 км/ч. Пешеходы «зоны встреч» имеют преимущество над транспортом и могут в любое время переходить улицу.

Кройслинген не имеет исторического центра и реализация проекта «shared space» даст возможность создать современное оживленное пространство в центре города [8] (рис. 4, 5).



Рис. 4. Кройслинген, главная улица до преобразования, фото администрации Кройслингена



Рис. 5. Кройслинген, главная улица после преобразования в «зону встреч» (Begegnungszone), визуализации: 3D-ARCH GmbH, Шаффхаузен

Швейцарская модель сейчас адаптирована в Бельгии и Франции. Аналогичный принцип в немецких правилах дорожного движения существует, но с разделением между пешеходами, велосипедистами и автомобильным движением — это пространство определяется знаком «жилая зона». Маркировка тротуаров может выполняться из одного покрытия, но, например, с выделением цвета, как правило, в этих зонах скорость движения автомобилей составляет 20 км / час, но может быть уменьшена до 10 км / час. Пешеходы, не всегда имеют приоритет. Степень изменения "жилой зоны" в сторону «shared space» мы сможем наблюдать после реализации проекта в Констанце в ближайшие годы (рис. 6).



Рис. 6. Новая привокзальная площадь в Констанце, проект и визуализации: офис Хагер AG, Zurich

4. «Shared space» — образец подражания для российских городов? Во многих городах России реструктуризация транспортных пространств находится на повестке дня. Условия реструктуризации будут зависеть от назначения улиц, от расположения в городской структуре (центр, район или периферия), от интенсивности автомобильного, пешеходного и велосипедного движения.

Учитывая программы развития общественного транспорта в России и создание вокруг центров «перехватывающих» парковок, что даст значительное уменьшение количества автомобилей в центрах городов, применение «Shared space» перед зданиями общественного назначения или на площадях, в местах остановок автомобильного транспорта представляется возможным. Конечно, в крупнейших российских городах, таких как Москва и Санкт-Петербург (рис. 7), и ряде городов-«миллионников», таких как Волгоград, Ростов-на-Дону, где интенсивность транспортного и пешеходного движения очень велика, представляется возможным применение данного метода на локальных участках в жилых районах, а также в структуре исторических центров, но с регламентированным использованием индивидуального транспорта. В многочисленных городах России, где количество жителей составляет 50...150 000 чел., возможность применить данный метод на более различных участках велика.



Рис. 7. Улица в жилом районе в Санкт-Петербурге, фото Сотниковой И.В.

В России термин «Shared space» представляет новое понятие. Вышеупомянутые и другие проекты, реализованные в европейских странах, подтверждают эффективность данного метода и дают возможность его применения и в России с учетом специфики российских проблем. Благодаря поддержке ДААД (Германской службы академических обменов) существует возможность изучать новые проекты, обмениваться профессиональным опытом и обсуждать применение тех или иных методов в России и Европе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Материалы генерального плана г. Волгограда, выполненного ООО ВНИИ пространственного планирования «ЭНКО». СПб., 2006.
 2. *Шестернева Н. Н.* Архитектурная типология и принципы развития существующих пешеходных коммуникаций крупнейшего города (на примере Санкт-Петербурга) : автореф. дисс... канд. арх. СПб. : СПбГАСУ, 2007.
 3. *Сотникова И. В.* Ландшафтно-градостроительная организация городских транзитных пространств (на примере Волгограда) : дисс... канд. арх. СПб. : СПбГАСУ, 2009.
 4. *Ute Eberle.* ZeitWissen. 2005. № 5. [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.zeit.de/zeitwissen/2005/05/Verkehrsberuhigung_NEU.xml. (дата обращения: 07.06.2011). Интервью Ганса Мондермана. Die Tageszeitung. 2006. Режим доступа : <http://www.taz.de/1/archiv/?id=archivseite&dig=2006/05/30/a0331>. (дата обращения: 07.06.2011).
 5. *Wolfgang Bode.* Исследование транспортного движения с акцентом на «shared space». 2009. Режим доступа : http://www.bohmte.de/pics/medien/1_1253627530/Abschlusspraesentation_Bohmte_090922.pdf. [Электронный ресурс]. (дата обращения: 07.06.2011).
 6. *Menzel C.* Вторая генерация «shared space» [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.foerderverein-mobilitaet-kn.de/dokumente/090526_SharedSpaces_FVMZcomp.pdf. (дата обращения: 07.06.2011).
 7. Fussverkehr Schweiz. 2009. [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.begegnungszonen.ch/home/index.aspx>. (дата обращения: 07.06.2011).
 8. Stadt Kreuzlingen. Режим доступа <http://www.kreuzlingen.ch/praesidium/Hauptstrasse.php?q=17> (дата обращения: 07.06.2011).
1. Materialy generalnogo plana g. Volgograda, vypolnennogo ООО VNII prostranstvennogo planirovaniya «ENKO». SPb., 2006.
 2. *Shesterneva N. N.* Arkhitekturnaya tipologiya i printsipy razvitiya sushchestvyushchikh peshekhodnykh kommunikatsi krupneishego goroda (na primere Sankt-Peterburga) : avtorefer. diss... kand. arkh. SPb. : SPbGSU, 2007.
 3. *Sotnikova I. V.* Landshaftno-gradostroitel'naya organizatsiya gorodskikh tranzitnykh prostranstv (na primere Volgograda) : diss... kand. arkh. SPb. : SPbGSU, 2009.

4. *Ute Eberle*. ZeitWissen. 2005. № 5. [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa : http://www.zeit.de/zeit-wissen/2005/05/Verkehrsberuhigung_NEU.xml. (data obrashcheniya : 07.06.2011). Intervyu Gansa Mondermana // Die Tageszeitung. 2006. Rezhim dostupa : <http://www.taz.de/1/archiv/?id=archivseite&dig=2006/05/30/a0331>. (data obrashcheniya : 07.06.2011).
5. *Wolfgang Bode*. Issledovanie tansportnogo dvizheniya s aktsentom na «shared space». 2009. Rezhim dostupa : http://www.bohmte.de/pics/medien/1_1253627530/Abschlusspraesentation_Bohmte_090922.pdf. (data obrashcheniya : 07.06.2011).
6. *Menzel C.* Vtoraya generatsiya «shared space». [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa : http://www.foerderverein-mobilitaet-kn.de/dokumente/090526_SharedSpaces_FVMZcomp.pdf. (data obrashcheniya: 07.06.2011).
7. Fussverkehr Schweiz. 2009. [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa : <http://www.begegnungszonen.ch/home/index.aspx>. (data obrashcheniya: 07.06.2011).
8. Stadt Kreuzlingen. [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa <http://www.kreuzlingen.ch/praesidium/Hauptstrasse.php?q=17>. (data obrashcheniya: 07.06.2011).

© Сотникова И. В., Шенк Л., 2012

*Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.*

Ссылка для цитирования:

Сотникова И. В., Шенк Л. Формирование городских коммуникационных пространств с применением метода «shared space» // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 86—92.

УДК 656.13.08:625.748

В. А. Гудков, Е. Ю. Серова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В МЕСТАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОБЪЕКТОВ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНОГО СЕРВИСА

Для решения ряда инженерно-технических задач, связанных с функционированием дорожно-транспортного комплекса, часто требуется количественная оценка уровня обеспечения безопасности дорожного движения. Организация предприятий и объектов дорожного сервиса без соблюдения нормативных требований приводит к повышению аварийности в местах их расположения. В статье предложена методика количественной оценки уровня обеспечения безопасности дорожных предприятий и объектов придорожного обслуживания.

К л ю ч е в ы е с л о в а: автомобильно-дорожный сервис, качество придорожного обслуживания, показатель качества, уровень качества, уровень обеспечения безопасности дорожного движения.

The quantitative assessment of the organization level of the road safety is required often for the decision of some engineering problems which are associated with the operation of the road and transport system. The organization of enterprises and objects of the roadside service without compliances is led to the rise of accident in their locations. The quantifying method of the safety organization level of road enterprises and objects of the wayside operation is proposed.

К e y w o r d s: motor and roadside service, quality of wayside operation, indicator of quality, level of quality, organization level of the road safety.

Одной из особенностей автомобильных коммуникаций является их растянутость, т. е. осуществление перевозок на большие расстояния (международные, межрегиональные, внутриобластные), что, в свою очередь, ставит задачу обеспечения безопасности, комфорта и удобства движения на автомагистралях, где ощущается отсутствие или недостаточный уровень организации движения и благоустройства дорог. Поэтому большое значение имеет совершенствование системы придорожного обслуживания водителей, пассажиров и транспортных средств, т. к. оно в целом существенным образом влияет на безопасность движения и экономические показатели перевозочного процесса.

Современное состояние придорожного обслуживания в Волгоградской области и ряде регионов Российской Федерации имеет целый ряд недостатков и не соответствует современным требованиям, предъявляемым к предприятиям автомобильно-дорожного сервиса. Не соблюдаются принципы планировочных решений, технологической оснащенности, размещения необходимого оборудования, требования экологической безопасности и безопасности дорожного движения. Это становится причиной повышения аварийности и снижения эффективности перевозочного процесса.

Рассматривая обеспечение безопасности дорожного движения с точки зрения повышения надежности функционирования системы Водитель — Автомобиль — Дорога — Среда [1], следует отметить тесную взаимосвязь подсистем и компонентов системы автомобильно-дорожного сервиса с подсистемами В — А — Д — С.

Система обслуживания водителей и пассажиров должна способствовать соблюдению режима труда и отдыха водителей, снижению утомляемости, предоставлять медицинскую помощь.

Повышение надежности подсистемы «Автомобиль» возможно при организации квалифицированного и качественного обслуживания и ремонта автотранспортных средств в пути.

Взаимосвязь подсистемы «Среда» и составляющих компонентов системы автомобильно-дорожного сервиса обусловлено, прежде всего, учетом погодных-климатических условий, рельефа местности проложения автомобильной дороги и их влиянием на безопасность движения при проектировании объектов обслуживания водителей и пассажиров. Также учитывается воздействие предприятий сервиса на окружающую среду и экологическая безопасность потребителей услуг. Кроме того, компонент «Среда» включает движение пешеходов. Повышение безопасности движения в целом возможно при соблюдении требований организации пешеходного движения, оборудовании мест ожидания транспорта и предоставления услуг.

Неудачное расположение мест отдыха и обслуживания проезжающих без соблюдения нормативных требований значительно снижает безопасность движения. Напротив, повышение уровня благоустройства автомобильной дороги в местах расположения объектов дорожного сервиса, включающих геометрические параметры, инженерное оборудование, средства организации движения, способно повысить надежность подсистемы «Дорога».

Как показывает статистика, большая часть очагов аварийности выявлена в местах расположения предприятий придорожного обслуживания водителей и пассажиров или в зоне их влияния. Как правило, организация таких объектов автомобильно-дорожного сервиса не соответствует нормативным требованиям обеспечения безопасности дорожного движения.

Проведенные на государственном уровне проверки дорожного сервиса на федеральных автомагистралях, входящих в состав международных транспортных коридоров, показали, что более половины объектов придорожного обслуживания отрицательно влияют на безопасность движения. Практически не соблюдаются нормативные требования к сервисной дорожной инфраструктуре или выполняются с известной долей условности [2]. Не оборудованы безопасными съездами и разгонными полосами 24 % обследованных объектов, слишком близко расположены к проезжей части 22 %, не имеют парковок 21 % предприятий придорожного сервиса.

Показатель безопасности объектов автомобильно-дорожного сервиса прежде всего должен характеризовать степень обеспечения безопасности движения в местах расположения предприятий обслуживания водителей и пассажиров [3]. Нами предлагается показатель, который определяет соответствие уровня организации дорожного движения на участке автомобильной дороги протяженностью L , нормативным требованиям:

$$S_{\text{без}} = \frac{1}{k} \left(\frac{F_{\text{под,норм}}}{F_{\text{под}}} + \frac{F_{\text{ст,норм}}}{F_{\text{общ}}} + \frac{F_{\text{ост,норм}}}{F_{\text{ост}}} + (1 - D_{\text{ТСОД}}) + \frac{l_{\text{норм.по}} \cdot m_{\text{поL}}}{L} \right),$$

где $F_{\text{под}}$, $F_{\text{под,норм}}$ — соответственно фактическое и соответствующее нормативным требованиям количество подъездов к объектам автомобильно-дорожного сервиса на участке автомобильной дороги; $F_{\text{общ}}$, $F_{\text{ст,норм}}$ — общее количество предприятий и количество предприятий, оборудованных стоянками, соответствующими нормативным требованиям; $F_{\text{ост}}$, $F_{\text{ост,норм}}$ — общее и

соответствующее нормативным требованиям количество остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта; $D_{ТСОД}$ — частный коэффициент дефектности, определяется по наличию и соответствию требованиям необходимых технических средств организации дорожного движения в местах расположения придорожных автосервисных предприятий (при полной комплектации $D_{ТСОД}=0$); $I_{норм.по}$ — нормативное расстояние между площадками отдыха, км; $m_{пол}$ — фактическое число мест отдыха водителей на данной дороге, соответствующих требованиям; L — протяженность автомобильной дороги, км; k — количество учитываемых частных критериев безопасности движения на рассматриваемом участке автомобильной дороги.

Предлагаемая методика была использована для количественного определения уровня обеспечения безопасности движения в местах расположения предприятий и объектов автомобильно-дорожного сервиса на автомагистрали федерального значения М-6 «Каспий» в Волгоградской области. Полученный показатель безопасности дорожного движения составил 0,44, или 44 %.

Методика количественной оценки уровня обеспечения безопасности движения в местах расположения предприятий и объектов придорожного обслуживания может быть использована для анализа состояния как отдельных предприятий, так и участков автомобильных дорог, позволяет количественно оценить степень опасности таких мест и определить на основе принципа приоритетов очередность необходимых мероприятий по совершенствованию организации автомобильно-дорожного сервиса. Показатель безопасности дорожного движения в местах расположения объектов придорожного обслуживания может быть включен в качестве частного критерия при комплексной оценке уровня качества автомобильно-дорожного сервиса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клинковштейн Г. И., Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения. М. : Транспорт, 2001. 231 с.
2. Можарето И. Зона отчуждения // За рулем. 2010. № 9. С. 206—209.
3. Сильянов В. В., Домке Э. Р. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц. М. : Академия, 2008. 352 с.
1. Klinkovshtein G. I., Afanasev M. B. Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya. M. : Transport, 2001. 231 s.
2. Mozhareto I. Zona otchuzhdeniya // Za rulem. 2010. № 9. S. 206—209.
3. Silyanov V. V., Domke E. R. Transportno-ekspluatatsionnye kachestva avtomobilnykh dorog i gorodskikh ulits. M. : Akademiya, 2008. 352 s.

© Гудков В. А., Серова Е. Ю., 2012

Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Гудков В. А., Серова Е. Ю. Определение уровня обеспечения безопасности дорожного движения в местах расположения предприятий и объектов автомобильно-дорожного сервиса // Вестник Волгogr. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 93—95.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 691.327

Б. А. Бондарев, К. А. Корнеев, А. Н. Ивашкин

КОМПОЗИЦИОННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МЕСТНЫХ ПЕСКОВ И ОТХОДОВ

Рассматривается вопрос использования металлургических отходов и местных песков в производстве строительных смесей. Это позволяет снизить себестоимость композиционных материалов и улучшить некоторые характеристики получаемого бетона.

К л ю ч е в ы е с л о в а: композиционные материалы, строительные смеси, отходы металлургического производства, конверторный шлак, водопоглощение.

The question of metallurgical wastes and local sands use in the manufacture of mortars is considered. It is allowed to reduce the prime cost of composite materials and to improve some characteristics of the receivable concrete.

K e y w o r d s: composite materials, mortars, wastes of metallurgical production, converter slag, water absorption.

Развитие строительства в современной России трудно представить без ряда экономических факторов, влияющих на снижение стоимости строительных материалов и изделий. Снижение их себестоимости происходит в результате уменьшения затрат на добычу и транспортировку полезных ископаемых. В связи с этим наиболее актуальной считается разработка строительных материалов на основе местных ресурсов.

Положение Липецкой области, дает преимущество при разработке строительных материалов на основе отходов местных производств. В настоящее время огромные шлаковые отвалы ОАО «НЛМК» занимают большие площади складирования. Вместе с тем повышенный спрос строительной индустрии на эти отходы делает актуальной разработку наиболее эффективного использования их при производстве строительных материалов и конструкций.

В последние годы с ростом гражданского и промышленного строительства в Липецкой области значительно увеличилась потребность в песках. В настоящее время ведется разработка новых карьеров Студено-Хуторской и Никольский. Изыскания в этих карьерах, наряду с уже существующими, помогут насытить потребность отрасли в песке, а также снизить стоимость строительных материалов, производящихся в области. Расходы на материалы составляют около 40 % от общей стоимости работ, и удешевление их является одним из путей снижения затрат в строительстве. В связи с этим использование в составах сухих смесей местных материалов и отходов различных производств является важной народнохозяйственной задачей.

Были исследованы кварцевые пески Сенцовского карьера г. Липецка, Алешкинского карьера, карьеров в селах Апухтино и Грязновка, а также известняки Сокольско-Ситовского карьера г. Липецка. Химико-минералогический состав песков приведен в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Химико-минералогический состав песков Липецкой области

Содержание оксидов, %						
SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O
90-97	0,5...2,8	0,8...7,0	0,1...5,0	0,1...2,0	0,15...1,0	0,05...2,0

Известняки Сокольско-Ситовского карьера г. Липецка представляют собой горные породы осадочного происхождения. Физико-механические характеристики известняков приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Физико-механические характеристики известняков мелкозернистых Сокольско-Ситовского карьера

Плотность, г/см ³	Пористость, %	Водопоглощение, %	Прочность, МПа	
			Сухое состояние	Водонасыщенное состояние
2,2...2,7	0,5...12,0	3,0...7,0	200...800	100...300

Модуль крупности песка, исследованного нами в Алешкинском карьере, с. Грязновка, с. Апухтино, приведен табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Зерновые характеристики песков Липецкой области

Наименование карьера	Содержание зерен песка фракции менее 0,16 %	Модуль крупности песка
Алешкинский	2,0	1,38
с. Грязновка	10,2	1,38
с. Апухтино	4,3	1,58
с. Сенцово	1,6	1,4

От оптимизации зернового состава заполнителя зависят расход химических добавок, свойства смеси и ее стоимость. Оптимальной является такая ситовая характеристика заполнителя, при которой обеспечивается наиболее плотная упаковка, когда доли различных фракций примерно равны (непрерывный зерновой состав). Неправильный подбор фракционного состава приводит к возникновению трещин, усадочных деформаций, повышенной пустотности и снижению механических показателей.

Размер самых крупных зерен заполнителя должен составлять $1/5...1/10$ от предлагаемой толщины слоя растворов. Размер частиц до $5...10$ мм характерен для ремонтных составов и наливных полов, до $0,1$ мм — для гладких растворов, таких как шпатлевки, расшивочные массы и гидроизоляция.

Обязательным при производстве различных видов сухих строительных смесей является возможность изменения пропорций между различными фракциями заполнителя. Наличие силосов с крупной $1,5...5$ мм, средней $0,5...1,5$ мм и мелкой $0,1...0,5$ мм (обычно не менее трех) фракциями позволяет дозировать материалы для конкретного вида сухих строительных смесей. В связи с этим производится классификация заполнителя песка, местоорождения которого должны содержать нужную фракцию в необходимом количестве для минимизации затрат на ее рассев. Результаты испытания приведены на рис. 1.

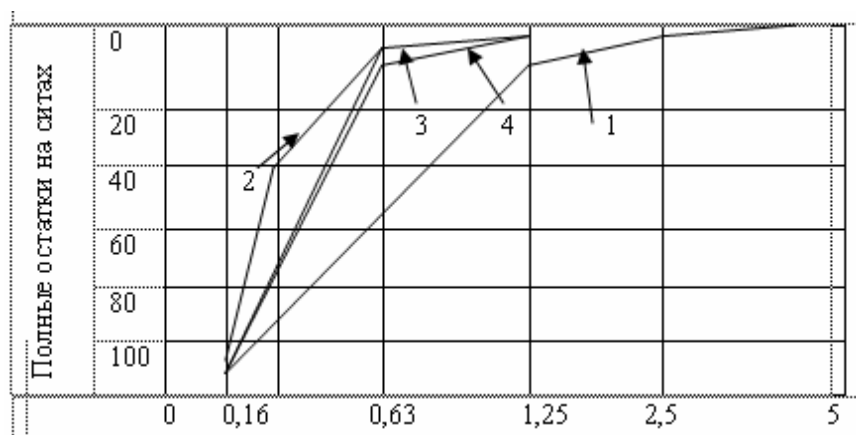


Рис. 1. Гранулометрический состав песков Липецкой области: 1 — карьер с. Сенцово; 2 — карьер Алешкинский; 3 — карьер с. Апухтино; 4 — карьер с. Грязновка

Заполнитель должен содержать как можно меньше примесей, в частности глины, наличие которых существенно снижает механические показатели составов. Была произведена оптимизация состава сухих строительных смесей карьера «Рождественский». В качестве других компонентов были взяты песок карьера «Стройматериалы» с $M_{кр} = 2,45$ и отсев дробления известняка карьера «Рождественский» с $M_{кр} = 3,74$ и $33,3\%$ и содержанием фракции меньше $0,16$ мм.

Одна из целей исследования — изучение влияния песка и известняка фракции меньше $0,16$ мм на водоудерживающие свойства растворов. Поэтому смеси выбирались жесткие, а подвижность (жесткость) определялась по ГОСТ 310.4-81 на встряхивающем столике. Расход воды определялся опытным путем, исходя из одинаковой подвижности составов 1—3. (табл. 4, 5)

Т а б л и ц а 4

Расход материалов на 1 м^3 бетона

Материал	Состав 1	Состав 2	Состав 3
Цемент, кг	504	504	482
Песок, кг	1510	625	—
Отсев, кг	—	888	1445
Вода, л	247	261	305

Прочность образцов кубов 100×100×100 мм определялась в возрасте 1,3 и 28 суток.

Сравнительные графики прочности и плотности полученных бетонов приведены на рис. 2.

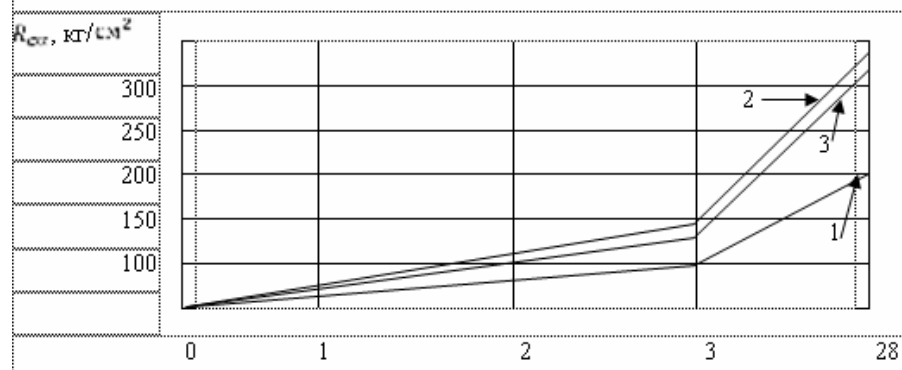


Рис. 2. Изменение прочности образцов бетона в зависимости от времени выдержки: 1 — состав 1; 2 — состав 2; 3 — состав 3

Т а б л и ц а 5

Процентное содержание песков различных фракций в сухих строительных смесях

Минеральные компоненты	Цементная стяжка для первичного выравнивания полов	Самовыравнивающиеся наливные полы на основе ПЦ	Плиточный клей на основе ПЦ	Штукатурка на цементной основе	Клей для теплоизоляции	Ремонтная шпатлевка	Клеевой раствор для плит и блоков из пенобетона	Самовыравнивающиеся наливные полы на основе гипса
Кварцевый песок 0,1...0,4 мм	20,0	40,7	—	—	—	—	—	42,0
Кварцевый или известняковый песок 0,4...2,0 мм	39,0	—	—	—	—	—	—	—
Кварцевый песок 0,1...0,6 мм	—	—	665,0	—	—	—	—	—
Кварцевый или известняковый песок 0,1...1,3 мм	—	—	—	770,0	—	—	—	—
Кварцевый песок 0,1...0,3 мм	—	—	—	—	60,0	55,0	—	—
Кварцевый песок 0,1...0,5 мм	—	—	—	—	—	—	58,2	—

Содержание в песчаной смеси карьера «Грязновка» 10,2 % пылевой фракции негативно влияет на свойства сухих строительных смесей.

Пески карьеров Апухтино и Алешкинский на 95 % состоят из фракции 0,16...0,63, что позволяет использовать их для производства смесей тонкослойного нанесения (клея для плитки, газо-, пенобетона, финишных наливных

полов). Песок карьера Сенцово содержит мелкую и среднюю фракции и при необходимости может быть использован для производства штукатурных, ремонтных составов и смесей для первичного выравнивания пола.

Из проведенных исследований песков Липецкой области можно сделать вывод, что они пригодны для применения в сухих строительных смесях.

Исследования и практическое применение некоторых видов вторичного сырья в сфере производства строительных материалов дали определенно положительный результат. Это не только способствовало утилизации, но и существенно расширило материально-сырьевую базу стройиндустрии. Доменный шлак, микрокремнезем и конверторный шлак занимают определенное место в ряде отходов металлургической промышленности, использующихся в строительстве. Однако конверторный шлак не нашел пока широкого применения в строительстве. В первую очередь это связано с низкой устойчивостью данного шлака к известковому и силикатному распадам и, как следствие, неоднородностью физико-химических свойств в первый год после выплавки.

Известно, что активацию вяжущих свойств шлаков можно осуществить при введении в состав извести, портландцемента, щелочи (в виде каустической соды или карбоната натрия), сульфатов щелочных металлов. При этом известь служит лишь катализатором реакции между гидравлически активными минералами шлака и водой. Сульфатная активация происходит в присутствии глинозема. В качестве активаторов твердения конверторного шлака ОАО «НЛМК» использовали портландцемент марки М400, гипсовый камень, известь. Для этого шлак измельчался в лабораторной шаровой мельнице до удельной поверхности 3000 см²/г остатком на сите 008-0 %. Из просеянной фракции шлака и активатора готовились образцы размером 4×4×16 см с В/Ц = 0,28. Количество вводимого активатора находилось в пределах 5...15 %. После формования по стандартной технологии, часть образцов выдерживали во влажных условиях 20...24 ч, а затем пропаривали в режиме 2+6+4 ч. Другая часть образцов испытывалась через 28 сут хранения при нормальных условиях. Перед испытанием образцы сушили в сушильном шкафу 6...8 ч. После этого их подвергали испытанию на изгиб и сжатие. Результаты испытания образцов приведены в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

Результаты прочностных испытаний образцов сухих строительных смесей

Номер состава	Прочность при сжатии, МПа		Прочность при изгибе, МПа	
	28 суток	ТВО	28 суток	ТВО
1	2,2	2,5	1,0	1,2
2	12,5	12,8	3,2	3,5
3	12,2	14,5	4,8	5,5
4	14,0	16,0	5,5	6,5
5	8,2	10,2	2,8	2,6
6	8,4	10,6	3,0	2,8
7	9,2	11,0	3,1	3,8
8	6,0	6,2	2,0	2,2
9	6,5	6,7	2,3	2,3
10	7,3	7,4	2,5	2,6
11	13,0	13,2	5,0	5,2

Введение добавки извести повысило прочность образцов более чем в 2 раза. Это подтверждает то, что известь служит катализатором реакций между гидравлически активными минералами шлака и водой. Следует отметить, что образцы, в составе которых в качестве активатора использовали гипс, через 28 суток хранения начинали разрушаться, хотя после ТВО имели высокие прочностные показатели. Объясняется это тем, что в образцах с добавкой гипса щелочность жидкой фазы была недостаточной. Использование в качестве активатора твердения извести и гипса приводит к увеличению прочности в 4 раза по сравнению с обычным шлаковым вяжущим. Исходя из имеющихся данных, можно сделать вывод, что конверторные шлаки ОАО «НЛМК», имеющие в естественном состоянии незначительную гидравлическую активность, нуждаются в увеличении ее за счет введения добавок гипса, извести, портландцемента.

Рынок строительных материалов существенно расширился за счет массового внедрения в строительство разнообразных сухих строительных смесей. Главное их назначение — отделочные, а также монтажные работы внутри зданий. Сухие смеси имеют высокую адгезию и большую пластичность, нестекаемость с вертикальных поверхностей, высокую морозостойкость.

В настоящее время ведутся работы по подбору оптимальных составов и модернизации существующих смесей, основной задачей в производстве этого материала является максимальное снижение его себестоимости путем использования местных сырьевых компонентов в производстве новых составов, а также, по возможности, замена традиционных компонентов аналогичными по составу отходами промышленности.

© Бондарев Б. А., Корнеев К. А., Ивашкин А. Н., 2012

Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Бондарев Б. А., Корнеев К. А., Ивашкин А. Н. Композиционные строительные материалы на основе местных песков и отходов // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр.-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 96—101.

УДК 691.175.746

В. И. Логанина, Л. В. Макарова, Е. И. Куимова, К. А. Сергеева

МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СВОЙСТВА СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Приведены результаты исследований влияния наполнителей на основе силикатов кальция на свойства покрытий на основе сухих строительных смесей. Предложена математическая модель влияния водоизвесткового отношения, степени наполнителя, условий синтеза наполнителя на прочность при сжатии известкового композита.

К л ю ч е в ы е с л о в а: наполнитель, силикаты кальция, сухие строительные смеси, математическая модель.

Researches results of fillers effect on basis of calcium silicates on properties of coatings on basis of dry building mixes are quoted. The mathematical model of water calcic relation, degree of filler, filler synthesis conditions influence on the compressive strength of the calcic composite is offered.

K e y w o r d s: filler, calcium silicates, dry building mixes, mathematical model.

Проведенные ранее исследования показали эффективность применения в сухих строительных смесях (ССС) высокодисперсных наполнителей на основе силикатов кальция, синтезированных из жидкого натриевого стекла в присутствии добавок осадителей [1]. При исследовании закономерностей синтеза наполнителей установлено, что промывка водой наполнителя после его фильтрации и последующего высушивания приводит к снижению его активности.

Оценку гранулометрического состава полученных наполнителей проводили с помощью автоматического лазерного дифрактометра Fritsch Particle Sizer Analysette 22. Анализ экспериментальных данных свидетельствует, что распределение размеров частиц наполнителя с удельной поверхностью $S_{уд} = 5300 \text{ см}^2/\text{г}$ является двухмодальным, средний диаметр частиц составляет 37 мкм, преобладает размер частиц в диапазоне 20...50 мкм — 39 % и 50...100 мкм — 30,6 %, при этом более 99 % составляют частицы с размером менее или равные 87 мкм. Содержание частиц в диапазоне 0,05...1 мкм составляет 0,74 % (рис. 1, а). Выдерживание осадка в фильтрате в течение 3 сут способствует росту кристаллов. Возрастает содержание частиц размером 45...100 мкм, составляющее 33,23 %, и появляются кристаллы размером 100...200 мкм — 1,02 %. При увеличении времени созревания осадка наблюдается рост кристаллов (рис. 1, б).

В результате проведенных исследований установлен оптимальный режим синтеза наполнителя, предусматривающий технологию осаждения, плотность жидкого стекла, количество добавки-осадителя. Наполнитель характеризуется истинной плотностью, составляющей 2200 кг/м^3 .

Анализ ионизационных рентгенограмм, полученных на дифрактометре ДРОН-2, показал, что фазовый состав образцов наполнителя, полученного синтезом в присутствии добавки осадителя CaCl_2 , представлен следующими соединениями: тоберморит, твердый раствор CSH(B) в виде слабозакристаллизованного геля; твердый раствор C-S-H (II) ; Ca(OH)_2 ; CaCO_3 в виде кальцита, арагонита и ватерита.

Хранение наполнителей в воздушно-сухих условиях резко изменяет его активность. Так, установлено, что известковые композиты на наполнителе, хранившимся в условиях, исключающих доступ влаги, показывают большую прочность при сжатии, чем на наполнителе, хранившемся на открытом воздухе при относительной влажности 70...75 % и температуре 18...20 °С.

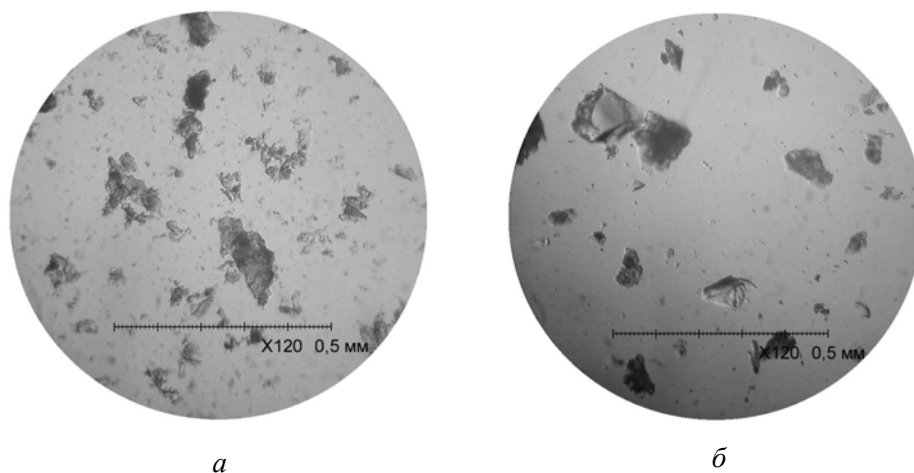


Рис. 1. Изображения кристаллов наполнителей, полученных с помощью микроскопа с увеличением в 120 раз: *а* — формирование кристаллов наполнителя сразу после фильтрации; *б* — формирование кристаллов наполнителя в течение трехдневной выдержки в фильтрате

В табл. 1 приведены значения прочности при сжатии и изгибе образцов в возрасте 28 сут твердения. В качестве контрольных приняты образцы, заформованные сразу же после высушивания наполнителя.

Т а б л и ц а 1

Влияние условий хранения на активность наполнителя

Водоизвестковое отношение, В/И	Прочность при сжатии известкового композита, МПа				
	Время хранения наполнителя, сут				
	0	10	20	30	40
0,65	5,94	5, 95/5,69	5,89/5,16	5,39/4,79	4,79/4,16
0,9	4,56	4,59/1,99	4,58/1,97	4,14/1,92	3,39/1,43

Примечание. В тексте приведены значения прочности при хранении наполнителя в условиях, исключающих доступ влаги, в знаменателе — при хранении на воздухе.

Результаты исследований, приведенные в табл. 1, свидетельствуют, что при хранении наполнителя в условиях, исключающих доступ влаги, активность наполнителя практически не изменяется. Так, значение прочности при сжатии образцов, заформованных при В/И = 0,65 на наполнителе сразу

же после его высушивания, составляет $R_{сж} = 5,94$, а заформованных на наполнителе после его хранения в течение 10...20 сут — 5,95...5,89 МПа. Некоторые колебания значений прочности при сжатии связаны со статистической изменчивостью. Спустя 20 сут хранения в условиях, исключающих доступ влаги, активность его несколько снижается. Снижение прочности при сжатии образцов, заформованных при В/И = 0,65 на наполнителе после хранения в течение 30...40 сут, составляет 9,3...19,36 %, а при В/И = 0,9 — 9,2...25,65 %. Снижение прочности при сжатии известковых композиций, заформованных при В/И = 0,9 на наполнителе после хранения в течение 30...40 сут, составляет 57,89...68,64 %.

Введение предлагаемых наполнителей в известковую смесь ускоряет процесс твердения извести. Время высыхания до степени 3 и 5 определялось в соответствии с ГОСТ 19007 (СТ СЭВ 1442), «Материалы лакокрасочные. Метод определения времени и степени высыхания». Так, время высыхания известкового состава на растворной подложке до степени 3 составляет 10...15 мин, до степени 5 — 20...25 мин, в то время как аналогичных составов с применением тонкомолотой опоки — соответственно 30 и 50 мин.

Образцы композита, приготовленного на основе извести (2-й сорт) и предлагаемого наполнителя, высушенного при температуре 105 °С, в соотношении известь: наполнитель (И:Н) = 1:0,3 при водоизвестковом отношении В:И, равном В/И = 0,65, в возрасте 28 сут воздушно-сухого твердения имеют достаточно высокую прочность при сжатии, составляющую $R_{сж} = 5,94$ МПа. Ускорение отверждения и упрочнение структуры известковых композиций при применении наполнителей на основе гидросиликатов кальция, на наш взгляд, обусловлено их взаимодействием с известью.

Прочность известковых композиций в присутствии наполнителей на основе силикатов кальция зависит от водоизвесткового отношения В:И (табл. 2). Так, при В:И = 0,9 при соотношении И:Н = 1:0,3 прочность при сжатии составляет $R_{сж} = 4,56$ МПа, а при В:И = 1,2 — 3,2 МПа. Аналогичные закономерности наблюдаются и при соотношении И:Н=1:0,5.

Т а б л и ц а 2

Прочность известкового композита в зависимости от содержания наполнителя

Состав известь:наполнитель	В:И	Прочность, МПа	
		при сжатии	при изгибе
1:0,3	0,65	5,94	1,34
	0,9	4,56	1,17
	1,2	3,2	0,95
1:0,5	0,9	5,14	1,3
	1,0	3,6	1,1
	1,2	3,6	1,28

Составы, приготовленные на основе извести-пушонки 2-ого сорта с активностью 84 % и предлагаемыми наполнителями, характеризуются прочностью при сжатии, составляющей в зависимости от водоизвесткового отношения (В:И) и степени наполнения (И:Н) $R_{сж} = 3,2...5,94$ МПа.

Активность наполнителей зависит от температуры высушивания. Наибольшей активностью обладает наполнитель, высушенный после

фильтрации при температуре 300 °С. Прочность при сжатии $R_{сж}$ образцов в возрасте 28 сут твердения в воздушно-сухих условиях состава 1:0,3 (известь : наполнитель) по массе при водоизвестковом отношении В:И, равном 0,65, при использовании наполнителя, высушенного при температуре 300 °С, составляет $R_{сж} = 10,43$ МПа, а состава с применением наполнителя, высушенного при температуре 105 °С, — 5,94 МПа, т. е. прирост прочности при сжатии составляет 100 % (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Прочность известковых композиций

Температура сушки наполнителя, °С	Водоизвест- ковое отношение, В:И	Прочность, МПа	
		при сжатии	при изгибе
105	0,65	5,94	1,34
105	0,9	4,56	1,17
105	1,2	3,2	0,95
200	0,65	7,29	1,66
200	0,9	5,24	1,4
200	1,2	3,66	1,05
300	0,65	10,43	3,4
300	0,9	6,99	2,72
300	1,2	4,76	2,04

Для создания модели прочности известкового композита нами был применен регрессионный анализ [2]. Отбор факторов для включения в модель осуществлялся на основе качественного анализа, исходя из целей и задач исследования. В качестве факторов были приняты температура сушки при синтезе наполнителя x_1 , водоизвестковое отношение x_2 , содержание наполнителя x_3 , удельная поверхность наполнителя x_4 .

Решая проблему спецификации модели, во многих случаях отдают предпочтение линейным моделям

$$\tilde{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k. \quad (1)$$

Это оправдано по следующим причинам:

методы оценки параметров линейных моделей, степени их надежности, достоверности прогноза являются в целом теоретически лучше обоснованными по сравнению с нелинейными случаями;

появляется возможность четкой экономической интерпретации параметров линейной модели.

В результате проведенных исследований и расчетов получена модель прочности известкового композита с применением наполнителя, полученного синтезом из натриевого жидкого стекла плотностью $\rho = 1130 \text{ кг/м}^3$:

$$\tilde{y} = 0,0145x_1 - 7,2458x_2 + 31,6485x_3. \quad (2)$$

Полученное уравнение линейной множественной регрессии является статистически значимым. Расчетное значение статистики Фишера составляет $F_{\text{расч}} = 197,89626$, при этом вероятность того, что в уравнении регрессии описаны несущественные связи, равна 0,00001 (значимость F). Статистическая значимость параметров регрессионной модели была оценена с помощью t -критерия. Установлено, что все факторы имеют статистически значимые коэффициенты регрессии, и построенное уравнение может использоваться для прогнозирования.

Множественный регрессионный анализ позволяет разграничить влияние факторных переменных. Коэффициенты регрессии b_j показывают, на сколько единиц изменится y при изменении фактора x_j на одну единицу своего измерения. Так, например, при увеличении только температуры сушки X_1 на 10°C при неизменном водоизвестковом соотношении и содержании наполнителя прочность Y увеличивается на 0,145 МПа. Для сравнительного анализа влияния факторов использовали стандартизированные коэффициенты регрессии β_j , не зависящие от единиц измерения факторных переменных. Сравнивая стандартизированные коэффициенты друг с другом, можно ранжировать факторы по силе их воздействия на результат. Коэффициенты «чистой» регрессии связаны с β -коэффициентами следующим образом:

$$\beta_j = b_j \frac{\sigma_{x_j}}{\sigma_y}, \quad (3)$$

где σ_y — среднее квадратическое отклонение результирующего фактора; σ_{x_j} — среднее квадратическое отклонение факторной переменной.

В результате расчетов получено $\beta_1 = 0,55$, $\beta_2 = -0,78$, $\beta_3 = 0,21$. Из трех факторов, вошедших в модель, большее влияние на прочность композита оказывает изменение факторов x_2 и x_1 . При увеличении значения фактора x_2 на одно среднее отклонение $\sigma_{x_2} = 0,24$ при неизменных значениях других факторов прочность уменьшится на $0,78\sigma_y = 0,78 \cdot 2,22 \approx 1,73$ МПа. При увеличении значения фактора X_1 на одно среднее отклонение $\sigma_{x_1} = 84,44$ при неизменных значениях других факторов прочность увеличится на $0,55\sigma_y = 0,55 \cdot 2,22 \approx 1,22$ МПа.

Модель прочности известкового композита с применением наполнителя различной удельной поверхности, полученного синтезом из натриевого жидкого стекла плотностью $\rho = 1074 \text{ кг/м}^3$, имеет вид

$$y = -4,55x_2 + 16,15x_3 + 0,00006x_4. \quad (4)$$

Анализируя β -коэффициенты для этой модели регрессии, делаем вывод о том, что наибольшее влияние на прочность оказывают факторы x_2 и x_4 , $\beta_2 = 0,73$, $\beta_4 = 0,62$.

Полученные модели (2), (4) позволяют подобрать условия синтеза наполнителей и содержание наполнителей в рецептуре сухих смесей для получения определенных значений прочности композита

Работа выполнялась в рамках госконтракта с Федеральным агентством по образованию РФ № П1456.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Логанина В. И., Макарова Л. В., Мокрушина Ю. А. Тонкодисперсные наполнители на основе силикатов кальция для сухих строительных смесей // Строительные материалы. 2010. № 2. С. 40—42.

2. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. М. : Мир, 1975. 536 с.

1. Loganina V. I., Makarova L. V., Mokrushina Yu. A. Tonkodispersnye napolniteli na osnove silikatov, kaltsia dly sukhikh stroitelnyh smesei // Stroitelnye materialy. 2010. № 2. S. 40—42.

2. Himmelblau D. Prikladnoe nelineynoe programmirovaniye. M. : Mir, 1975. 536 s.

© Логанина В. И., Макарова Л. В., Куимова Е. И., Сергеева К. А., 2012

Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Модель влияния технологических факторов на свойства сухих строительных смесей / В. И. Логанина, Л. В. Макарова, Е. И. Куимова, К. А. Сергеева // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр.-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 102—107.

УДК 625.855.3

С. В. Мельников, С. И. Романов, А. Ю. Стадник

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВЫСУШЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
КОСВЕННЫМ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОМ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГОРЯЧИХ
АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ**

Предложен достаточно надежный электроемкостный метод определения плотности высушенных минеральных материалов для приготовления горячих асфальтобетонных смесей. Этот метод облегчает труд лаборантов, позволяет быстро подобрать плотный зерновой состав в отличие от метода рассева проб на ситах.

К л ю ч е в ы е с л о в а: асфальтобетон, минеральный материал, плотность.

The quite reliable electric capacity method of defining density dried mineral materials for the manufacture of hot-mixed asphalt is suggested. This method is lightened the work of laboratory assistants lighter, is let quickly to find the dense grain fineness as distinct from screen sizing method test for sieves.

Key words: asphalt concrete, mineral material, density.

Производство горячих асфальтобетонных смесей включает технологические процессы высушивания минеральных материалов с последующим разделением их на фракции, подачей в отдельные бункеры для весового дозирования и загрузки в смеситель согласно рецептурному составу. Среднюю плотность дозируемых фракций проверяют, при необходимости корректируют дозировку, соблюдая регламентируемый состав минеральной части по принципу нормированной минимальной пористости или максимальной плотности. Смесь из щебня, песка и минерального порошка должна обладать максимальной плотностью или минимальной пористостью, которую периодически контролируют методом просеивания отбираемых проб через набор сит, сверяя с зерновым составом, регламентированным ГОСТом. Если результаты ситового анализа отклоняются от предельных минимально и максимально допускаемых процентных величин, то требуется технологическая корректировка зернового состава. Причинами отклонений могут быть дефект разделения по фракциям высушенного горячего минерального материала, погрешности в дозировке. Сам по себе ситовой контроль не учитывает форму минеральных зерен, их открытую пористость поверхности, поэтому существует некоторое нарушение минимизации общей пористости минеральной части асфальтобетона.

Процентный показатель пористости целесообразно контролировать оперативным, достаточно точным методом, показатели которого значительно зависят от общей пористости минерального состава.

Из физики известно существенное различие диэлектрических проницаемостей минеральных материалов и воздуха, поэтому для определения средней плотности или общей пористости сухих минеральных материалов предложено использовать электроемкостный метод [1, 2], при этом необходимо выяснить стабильность величин электроемкости датчика, заполненного различными минеральными материалами, учитывая несомненно постоянную

величину диэлектрической проницаемости воздуха. Достоинством метода является мгновенность измерения прибором электроемкостного показателя объемного датчика, заполненного анализируемым материалом. Величина электроемкости C является функцией диэлектрической проницаемости D датчика с анализируемым диэлектриком $C = f(D)$.

$$D_{\text{в}} = 1,0; D_{\text{м}} = 6,0 - 7,0; C = f(D_{\text{м}}V_{\text{м}} + D_{\text{в}}V_{\text{в}}), \quad (1)$$

где C — электроемкость объемного датчика прибора, заполненного составом минерального материала и воздуха (единицей измерения является пикофарада или условная единица электроемкости датчика прибора); $D_{\text{в}}$, $D_{\text{м}}$ — соответственно диэлектрические проницаемости воздуха и минерального материала; $V_{\text{в}}$, $V_{\text{м}}$ — соответственно части объема воздуха и минерального материала, находящихся в датчике прибора.

На практике при подборе минеральной части руководствуются условием соблюдения зернового состава, который вписывается в интервалы допускаемых величин процентов по массе, проходящих через каждое сито для данного типа асфальтобетона. Рассев минерального материала более трудоемок и длителен по сравнению с измерением электроемкостного показателя, поэтому целесообразно выяснить информативность электроемкостного метода измерений плотности различных минеральных материалов.

Приняты к исследованию следующие материалы: Ростовский и Саратовский известняковый щебень (фр. 5...20), отсев (фр. 0...10); Павловский гранитный щебень (фр. 5...20); отсев (фр. 0...10), известняковый минеральный порошок, полученный измельчением Ростовского известнякового щебня, цементная пыль, смеси щебней с минеральным порошком. Отобрано по 6 проб каждого из перечисленных минеральных составов для измерений электроемкости материалов сертифицированным прибором ВИМС-2.21 с объемным датчиком, а также определением насыпной плотности объемно-весовым методом. Результаты измерений (рис. 1—3) показали достаточно высокую корреляцию между средней плотностью и электроемкостью анализируемого минерального материала, согласуясь с единым математическим уравнением при определенных величинах коэффициентов (a , b):

$$\gamma = a + b/C. \quad (2)$$

Увеличение количества частиц меньше 0,071 мм в минеральном порошке приводит к увеличению общей пористости в материале и, соответственно, закономерному снижению электроемкости.

Для данного ростовского щебня, отсева, минерального порошка, применяемых для производства асфальтобетонных смесей, наблюдается наиболее высокая корреляция между электроемкостью и средней плотностью отмеченных материалов (рис. 1), поэтому можно говорить о высокой стабильности диэлектрической проницаемости материала данного месторождения известняка. Саратовский известняковый щебень характеризуется несколько пониженной средней плотностью и показателем электроемкости на 18 % больше при одинаковой плотности с ростовским известняком, в то время как средняя плотность ростовского известняка выше саратовского при одинаковой величине электроемкости.

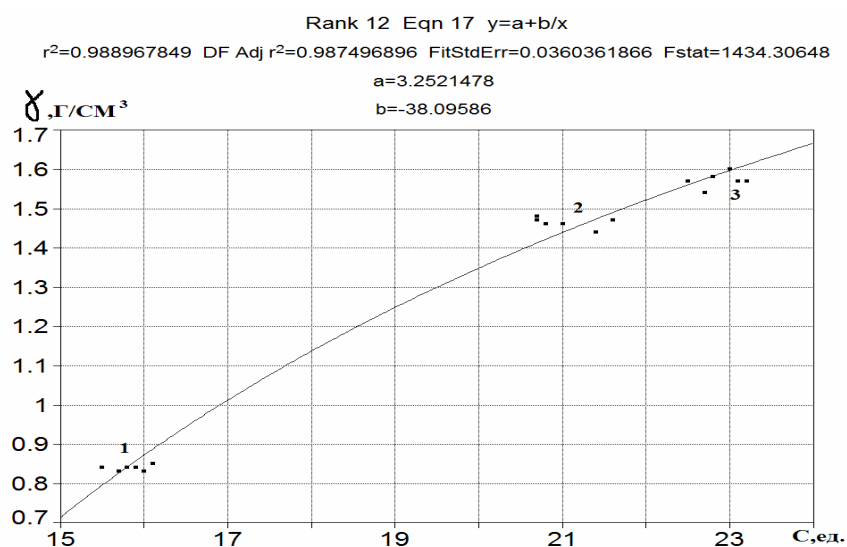


Рис. 1. Зависимость средней плотности γ ростовского известняка различных фракций от показаний электроемкости C объемного датчика, заполненного отдельными фракциями: 1 — минеральный порошок; 2 — щебень (фр. 5...20); 3 — отсев (фр. 0...10)

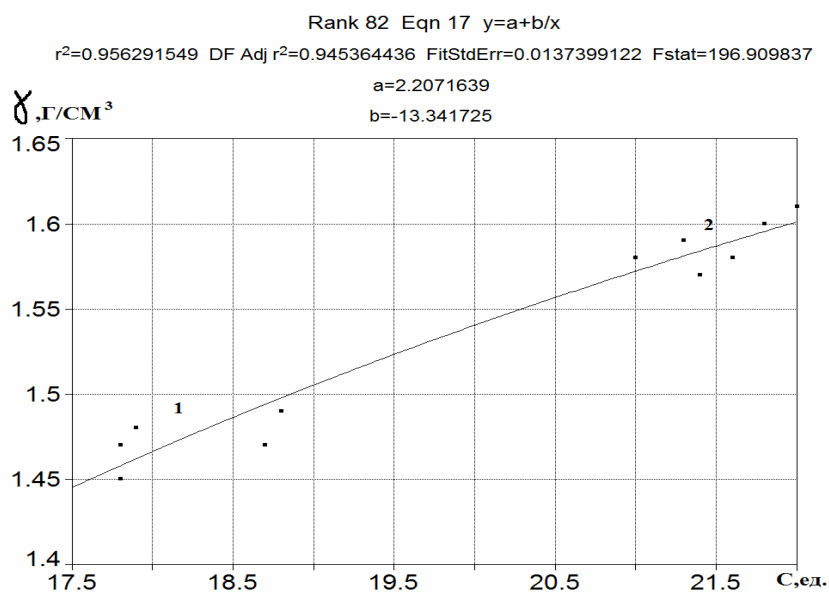


Рис. 2. Зависимость средней плотности γ гранитных фракций Павловского месторождения от показаний электроемкости C объемного датчика, заполненного отдельными фракциями: 1 — щебень (фр. 5...20); 2 — отсев (фр. 0...10)

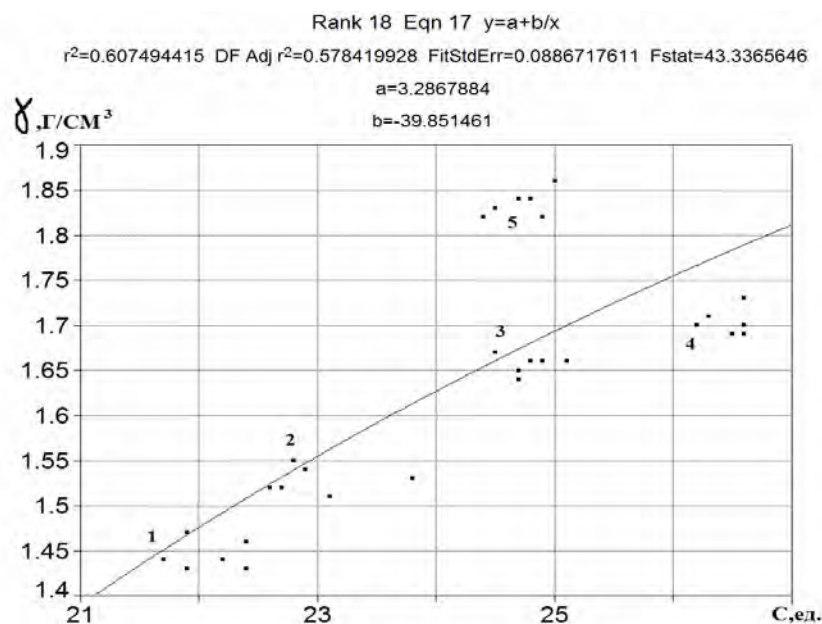


Рис. 3. Влияние различных составов минеральных материалов на связь показателей средней плотности (γ) и электроемкости C : 1 — известняковый щебень саратовский с цементной пылью; 2 — ростовский известняковый щебень с цементной пылью; 3 — саратовский щебень с известняковым минеральным порошком; 4 — ростовский известняковый минеральный состав для получения щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси (ЩМА-15); 5 — ростовский известняковый щебень с известняковым минеральным порошком

Павловский гранитный щебень (фр. 5...20) отличается от ростовского известняка на 14 % меньшим показателем электроемкости в связи с различной геологической природой и кристаллическим строением, своеобразно влияющими на диэлектрическую проницаемость. Исходя из отмеченных различий характеристик электроемкости минеральных материалов, необходимо в случае использования других месторождений уточнить оптимальное соотношение минеральных компонентов в минеральной части с целью создания максимальной плотности. Для этого достаточно проверить графическую связь насыпной плотности и электроемкости отдельных минеральных составляющих по трем — пяти пробам. Принцип максимального заполнения пустот мелкими зернами между крупными хорошо просматривается в ранее выполненных измерениях другим прибором Е-12-1А, предназначенным для измерений электроемкости заполненного кольцевого пространства датчика анализируемым минеральным материалом с построением соответствующей графической зависимости (рис. 4).

Для анализируемого материала варьировали соотношение масс щебня (фр. 5...10) с высевками (фр. 0...5) известняка данного месторождения. Графическая взаимосвязь между электроемкостью и средней плотностью согласуется с вышеприведенными результатами измерений и аналогичным математическим уравнением. На величины коэффициентов a , b влияют конструкция датчика, а также градуировка измерительного прибора.

Вывод. Проектирование и оперативный контроль состава минерального материала для приготовления горячих асфальтобетонных смесей по принципу максимальной средней плотности предложено осуществлять электроемкостным методом, позволяющим исключить влияние формы зерен и их пористости на показатель плотности.

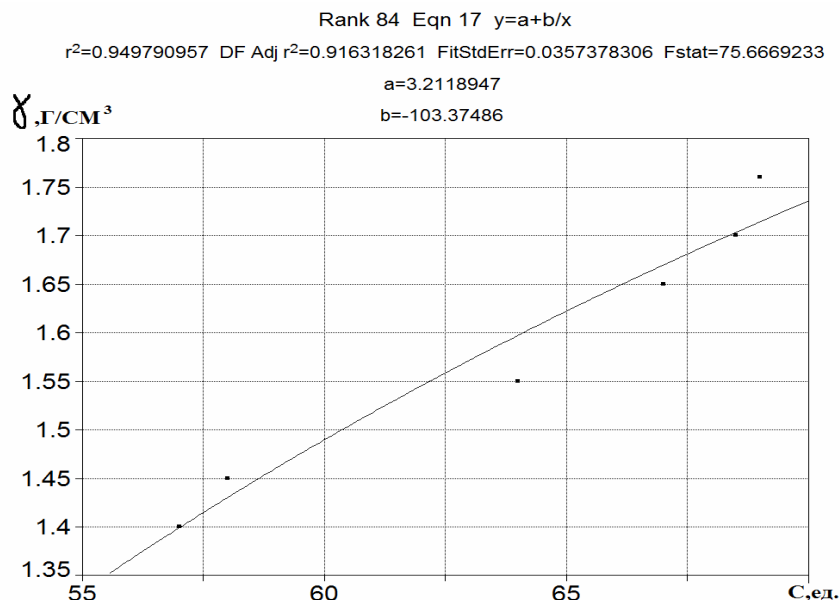


Рис. 4. Зависимость средней плотности γ от электроемкости C датчика кольцевой формы, заполненного смесями щебня с отсевом

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романов С. И. Физико-химические основы технологии нефтяного битума и асфальтобетона. Волгоград, 1998. 86 с.
2. Романов С. И., Стадник А. Ю. Показатели шероховатости асфальтобетонных дорожных покрытий // Строительные материалы. 2010. № 10. С. 30—31.
1. Romanov S. I. Fiziko-khimicheskie osnovy technologii neftyanogo bituma i asfaltobetona. Volgograd, 1998. 86 s.
2. Romanov S. I., Stadnik A. Yu. Pokazateli sherokhovatosti asfaltobetonnykh dorozhnykh pokryti // Stroitelnye materialy. 2010. №10. S. 30—31.

© Мельников С. В., Романов С. И., Стадник А. Ю., 2012

Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Мельников С. В., Романов С. И., Стадник А. Ю. Определение плотности высушенных минеральных материалов косвенным экспресс-методом при производстве горячих асфальтобетонных смесей // Вестник Волггр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 108—112.

УДК 691

В. В. Леснов, Р. Н. Салимов, В. Т. Ерофеев**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫХ ЭПОКСИДНЫХ КАРКАСНЫХ КОМПОЗИТОВ**

Приводятся результаты исследования свойств дисперсно-армированных на микро- и макроуровнях эпоксидных каркасных композитов. Получены математические модели прочностных свойств, отмечено их улучшение при введении дисперсной арматуры.

К л ю ч е в ы е с л о в а: каркасные композиты, дисперсная арматура, математические модели прочностных свойств.

In article results of research of properties fibre reinforced on micro- and macrolevels carcass composites are resulted. Mathematical models of strong properties are received, their improvement at introduction of fibre is given.

К e y w o r d s: carcass composites, fibre, mathematical models of properties.

Технология изготовления каркасных композитов заключается в получении на первом этапе пористого каркаса путем склеивания зерен крупного заполнителя, пустоты которого на втором этапе пропитываются матричными композициями [1]. Известно, что такая технология позволяет получать каркасные композиты с пониженной усадкой при твердении. Введение дисперсной арматуры в структуру композиционных материалов позволяет улучшать их механические, физические и эксплуатационные свойства [2, 3]. Поэтому изучение влияния дисперсной арматуры на упруго-прочностные и структурные характеристики каркасных композитов представляет значительный интерес.

Для изучения свойств материалов были изготовлены образцы размером 4×4×16 см. Технология приготовления дисперсно-армированных каркасных (ДАК) композитов была следующей: в течение 1 мин перемешивали вручную крупный заполнитель с дисперсной металлической арматурой (ДМА), которую вводили постепенно тремя порциями. После этого добавляли клеевой состав и перемешивали еще 2 мин до равномерного обволакивания вяжущим зерен щебня. Каркасную смесь укладывали в формы и уплотняли 30 ударами на встряхивающем столике с частотой 1 удар/с. Каркасы выдерживали в формах 1 сут, после чего их пропитывали по направлению сверху вниз матричными композициями при атмосферном давлении воздуха. Клей каркаса и матрицу предварительно готовили в миксере, перемешивая компоненты в течение 2 мин. Композиты отверждали при температуре 80 °С в течение 6 ч.

Оптимизацию составов композитов проводили методом математического планирования эксперимента на двухфакторном плане. В составе каркаса количество связующего, отвердителя и крупного заполнителя (доломитизированный известняковый щебень марки 1200 фракции 5...10 мм) было постоянным: смола марки ЭД-20 — 100 мас. ч., ПЭПА — 10 мас. ч. и щебень — 1900 мас. ч. В качестве изменяемых параметров в составе каркаса были приняты количество макродисперсной металлической арматуры (ДМА) «Драмикс» и микродисперсной арматуры — минеральной ваты типа Б. Содержание ДМА «Драмикс» (фактор X_1) составляло на относительных уровнях -1; -0,5; 0; 0,5 и 1,0 (0; 0,375; 0,75; 1,125 и 1,5 % по

объему), минеральной ваты (фактор X_2) на уровнях -1 и 1 (0 и 12 % от массы вяжущего клея каркаса) соответственно. Соотношение длина/диаметр для ДМА «Драмикс» было равно 50 мм/1 мм, временное сопротивление разрыву $R_{\text{сн}} = 1150$ МПа. Минеральную вату предварительно измельчали в роторной мельнице до длины 1...3 мм. Состав пропиточной матрицы для всех композитов был постоянным: связующее (смола ЭД-20) — 100 мас. ч., отвердитель (ПЭПА) — 10 мас. ч. и разжижитель (бензин Аи-92) — 10 мас. ч.

После испытания образцов и обработки результатов эксперимента были получены математические модели изменения упруго-прочностных и структурных характеристик композитов, которые имеют следующий вид:

$$R_i = 15,81 + 0,90X_1 + 1,02X_2, \quad R_b = 77,63 + 2,89X_1 + 1,15X_2 - 2,84X_1^2,$$

$$E_0 = 24160,5 + 657,8X_1 - 545,4X_1^2, \quad A_y = 40,20 + 13,04X_1 - 8,35X_1^2,$$

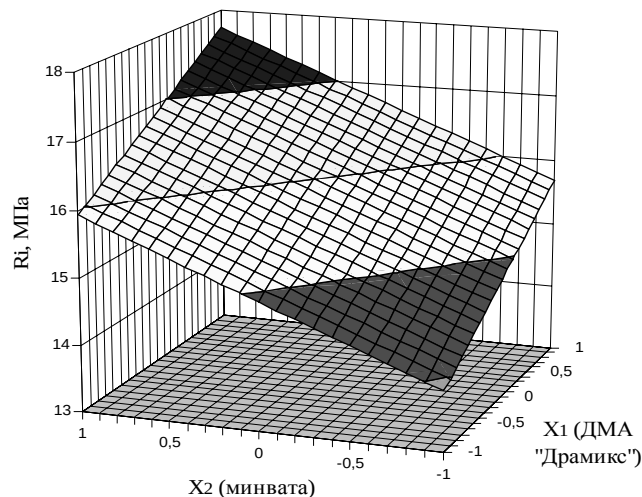
$$V_m = 45,76 + 2,66X_1 - 3,43X_1^2, \quad \rho = 2147,7 + 76,0X_1,$$

где R_i и R_b — пределы прочности при изгибе и сжатии, МПа; E_0 — начальный модуль упругости, МПа; A_y — удельная ударная вязкость, кДж/м²; V_m — содержание матрицы в композите, % по объему; ρ — средняя плотность, кг/м³.

Графики изменения свойств дисперсно-армированных каркасных композитов, полученные по математическим моделям, приведены на рис. 1—5.

По полученным результатам можно сделать следующие выводы:

1. Введение в состав каркасных композитов макродисперсной (ДМА «Драмикс») и микродисперсной (минвата) арматуры увеличивает их предел прочности при изгибе и сжатии (прочность ДАК композитов при изгибе изменяется в пределах 13,9...17,7 МПа, при сжатии — 70,8...79,5 МПа). Максимальные значения прочности получены при значениях факторов равных $X_1 = 1$ и $X_2 = 1$, $X_1 = 0,5$ и $X_2 = 1$, наибольший прирост прочности при совместном введении дисперсной микро- и макроарматуры составляет 27,3 и 12,3 % соответственно при изгибе и сжатии.



a

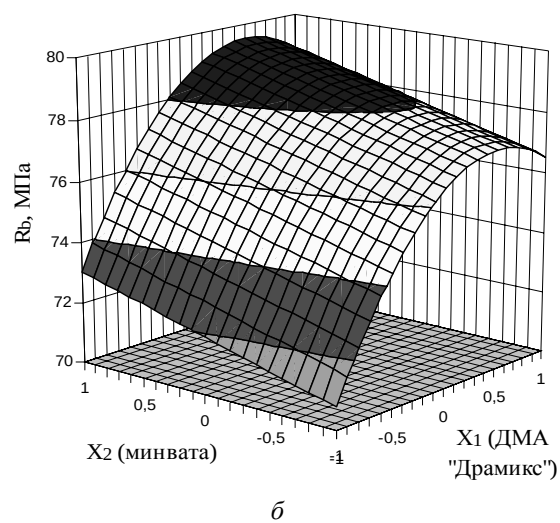


Рис. 1. Прочность дисперсно-армированных каркасных композитов:
 a — при изгибе, $\bar{b}$ — при сжатии

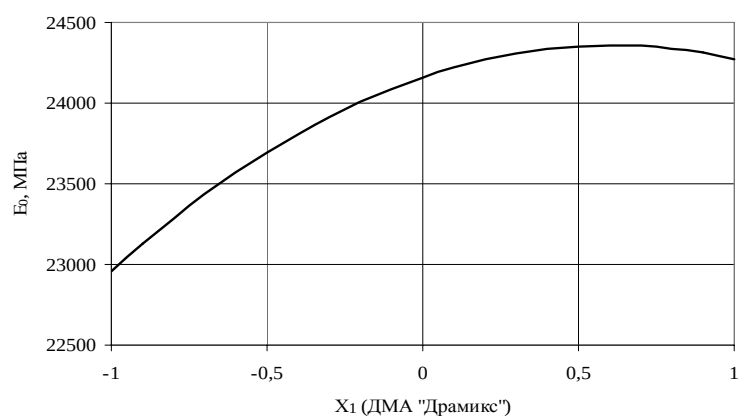


Рис. 2. Начальный модуль упругости дисперсно-армированных каркасных композитов

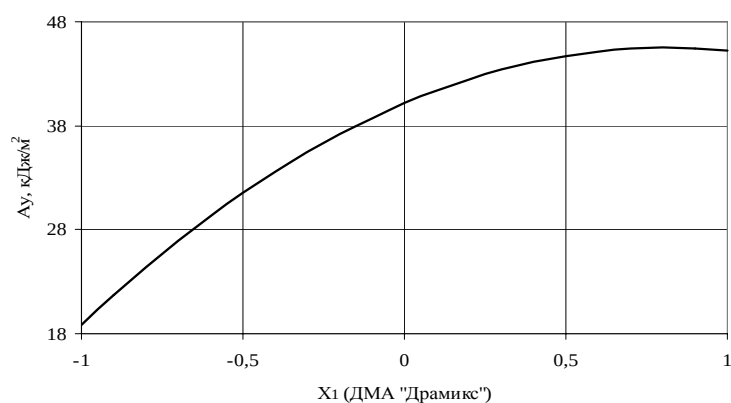


Рис. 3. Удельная ударная вязкость дисперсно-армированных каркасных композитов

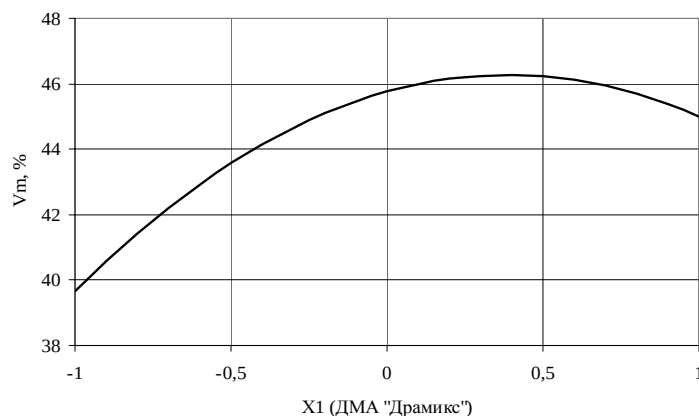


Рис. 4. Содержание матрицы в дисперсно-армированных каркасных композитах

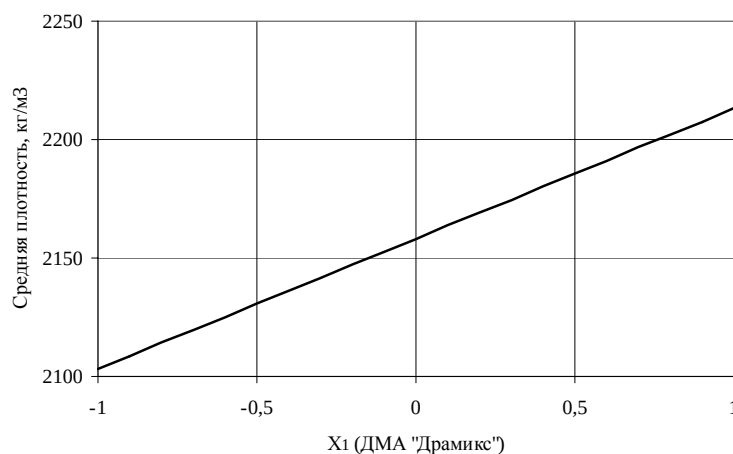


Рис. 5. Средняя плотность дисперсно-армированных каркасных композитов

2. Увеличение содержания ДМА «Драмикс» в каркасном композите приводит к росту начального модуля упругости и удельной ударной вязкости. Начальный модуль упругости изменяется в пределах 22960...24360 МПа, удельная ударная вязкость — 18,8...45,5 кДж/м², содержание матрицы в композите — 39,7...46,3 %. Изменение этих показателей носит нелинейный характер: они возрастают при увеличении фактора X_1 (количество ДМА «Драмикс») до максимальных значений, после чего начинают уменьшаться. Наибольшие значения E_0 , A_y и V_m получены при уровнях факторов равных $X_1 = 0,6$, $X_1 = 0,8$ и $X_1 = 0,4$, прирост показателей на этих уровнях составляет 6,1 %, 2,41 раза и 5,3 % соответственно. Влияние фактора X_2 (содержание минваты) при выбранных границах его изменения оказалось статистически незначимым.

3. Влияние фактора X_1 (ДМА «Драмикс») на среднюю плотность композитов носит линейный характер, остальные коэффициенты полинома при статистической обработке результатов оказались незначимыми. С увеличением количества металлической арматуры с 0 до 1,5 % средняя плотность изменяется с 2072 до 2224 кг/м³.

4. Введение дисперсной микро- и макроарматуры позволяет получать композиционные материалы каркасной структуры с требуемыми прочностными и эксплуатационными характеристиками, которые можно использовать для создания полов и дорожных покрытий, подвергающихся воздействию интенсивных истирающих и ударных нагрузок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каркасные строительные композиты : в 2 ч. Ч. 1. Структурообразование. Свойства. Технология / В. Т. Ерофеев, Н. И. Мищенко, В. П. Селяев, В. И. Соломатов ; под ред. В. И. Соломатова. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 1995. 200 с.
2. Курбатов Л. Г. Проектирование и изготовление сталефибробетонных конструкций : обзорная информация ЦНТИ Госгражданстроя. Л., 1985. 55 с.
3. Рабинович Ф. Н. Дисперсно-армированные бетоны. М. : Стройиздат, 1989. 177 с.
1. Karkasnye stroitelnye kompozity : v 2 ch. Ch. 1. Strukturoobrazovanie. Svoystva. Tekhnologiya / V. T. Yerofeev, N. I. Mishchenko, V. P. Selyaev, V. I. Solomatov ; pod red. V. I. Solomatova. Saransk : Izd-vo Mordov. un-ta, 1995. 200 s.
2. Kurbatov L. G. Proektirovanie i izgotovlenie stalefibrobetonnykh konstruktsi : obzornaya informatsiya CNTI Gosgrazhdanstroya. L., 1985. 55 s.
3. Rabinovich F. N. Dispersno-armirovannye betony. M. : Stroyizdat, 1989. 177 s.

© Леснов В. В., Салимов Р. Н., Ерофеев В. Т., 2012

Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Леснов В. В., Салимов Р. Н., Ерофеев В. Т. Исследование свойств дисперсно-армированных эпоксидных каркасных композитов // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 113—117.

УДК 693.5:691.32

W. Głodkowska

METHOD OF SELECTION OF COAT PROPERTIES FOR PROTECTION OF REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTION

The polymer binder (PC) and cement/polymer (PCC) coatings are currently often applied to protect structures against corrosion. However, despite of beneficial properties of the PC and PCC materials, not every concrete protection accomplished with application of those materials is successful. The objective of the study was to prove that the coating resistance criteria proposed in this paper can be used for designing of surface protections of reinforced concrete structures applied in variable thermal and humidity conditions and for development of new coating materials that would be useful in such applications.

Key words: concrete, protection against corrosion, coatings polymer binder.

Introduction. The polymer binder (PC) and cement/polymer (PCC) coatings are currently often applied to protect structures against corrosion [1—4]. Increase of interest in those materials originates from their high practical usefulness. They feature, among other, high tensile and compression strength, good chemical resistance, impermeability and good adhesion to various building materials as well as short period required for achievement of assembly and operational efficiency. Due to those properties the PC and PCC materials are applied as surface protections of reinforced concrete structures with uncracked substrate, when structural and material protection of concrete in given environment becomes insufficient, or with cracked substrate, to increase structure durability [5—9].

However, despite of beneficial properties of the PC and PCC materials, not every concrete protection accomplished with application of those materials is successful. The engineering practice has shown various effects following application of similar, or even the same material solutions; there are successful as well as unsuccessful accomplishments. It does happen that during operation of an object the concrete-applied coating cracks shortly after its application. The most common cause for such condition is improper selection of PC and PCC materials for given concrete substrate and operational conditions [10, 11, 8]. On one hand the coating must effectively protect the objects operating in any aggressive environment against chemicals but on the other hand it must sustain the strain created due to origination of cracks in concrete and change of their width [12—15]. Change of crack width in a reinforced concrete element is caused, in most cases, by variation of temperature, long-term part of the variable loading and concrete shrinkage. So, selection of proper coating to protected reinforced concrete structure is a complex problem, particularly due to immense variability of the structure damage causes, structure operational conditions, loadings and combination thereof, concrete classes and quality. The criteria of coating crack resistance proposed in this paper that have been experimentally checked can considerably facilitate this task.

Coating crack resistance criteria. The protective coatings used to protect reinforced concrete structures can be divided in three material groups [14]:

group 1 — coatings featuring high tensile strength assuming that no detachment from concrete at crack edge would occur;

group 2 — coatings featuring high tensile strength assuming that detachment from concrete can occur on both crack sides;

group 3 — coatings featuring low tensile strength, low module of elasticity and high deformability.

To maintain continuity of the coating over the crack developed in concrete, it must shift from crack edge towards its centre (Fig. 1). Therefore, coating shift $U(x)$, being the most extensive in the crack axis, will occur in each coating point. Due to such forced coating shifting, tensile strain $\sigma_{pt}(x)$ will appear therein and it will decrease with increase of the distance from the crack axis. Influence of crack on coating performance would be limited with an interval of width equal to the so-called relaxation zone length l_v on both crack sides (Fig. 1). The crack does not interact with the coating beyond that interval. Designing Group 2 coatings, one should assume the length of section c (Table 1 and Fig. 2), in which lack of coating adhesion to concrete in the area above the crack is forced. In such case the coating will operate as a membrane in the above crack area. The tension base of coating is then big enough to sustain even considerable crack width values. The tension base of coating means the length of the deforming coating band over the concrete crack. Allowing for detachment of the coating from concrete within the crack area, one can say that as the coating was not damaged at the moment of crack occurrence and opening, this does not thwart its concrete protection properties. It's been also assumed that selection of material for protection of reinforced concrete structures used in aggressive environment is dependent on the definition of coating thickness and resistance of the coating material to long-term action of such environment.

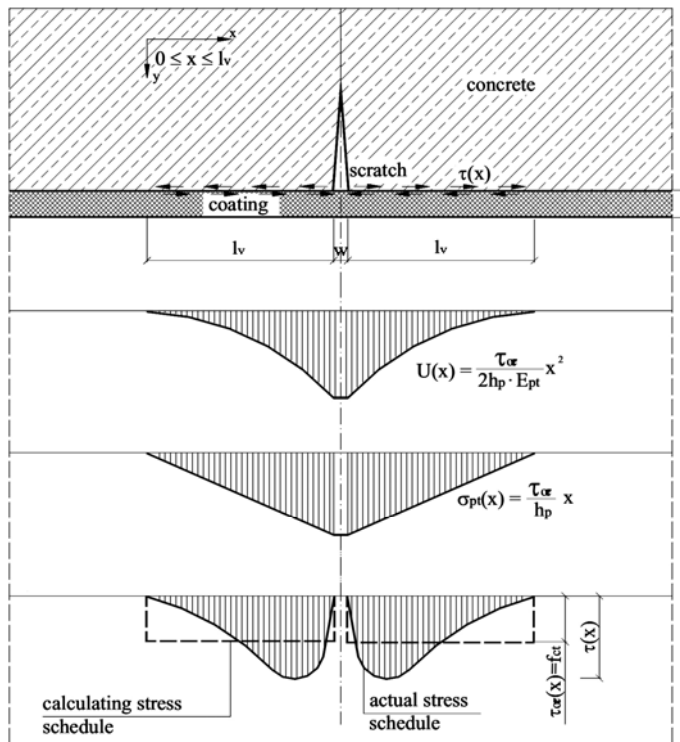


Fig. 1. Displacement (a), coating tensile (b) and coating to concrete adhesion plane shearing strain (c) graphs

Table 1

Kind of coating	Kind of load	
	Short-term	Long-term
Group 1	$\alpha[(2l_v \cdot \varepsilon_{pt}(t_o)) + (\frac{f_{ct} l_v^2}{2h_p E_{pt}(t_o)})] \geq w_d + \Delta w,$ $\text{where: } l_v = \frac{f_{pt}(t_o) h_p}{f_{ct}}$	$\alpha[(2l_v \cdot \varepsilon_{pt}(t_o)) + (\frac{f_{ct} l_v^2}{2h_p E_{pt}(t_o)}) \times (1 + \varphi_{p(t,t_o)})] \geq w_d + \Delta w,$ $\text{where } l_v = \frac{f_{pt}(t_o) k_{l,t}^p h_p}{f_{ct}}$
	$\alpha = \frac{h_p}{w_n} \frac{f_{pt}(t_o)}{E_{pt}(t_o)}$	
Group 2	$\alpha[(2l_v \varepsilon_{pt}(t_o)) + (\frac{f_{ct} l_v^2}{2h_p E_{pt}(t_o)}) + 2c \varepsilon_{pt}(t_o)] \geq w_d + \Delta w$	$\alpha[(2l_v \varepsilon_{pt}(t_o)) + (\frac{f_{ct} l_v^2}{2h_p E_{pt}(t_o)}) \times (1 + \varphi_{p(t,t_o)})] + 2c \varepsilon_{pt}(t_o) \geq w_d + \Delta w$
	$\text{where } \alpha = \frac{h_p}{(w_n + \varepsilon_{pt}(t_o) 2c)} \frac{f_{pt}(t_o)}{E_{pt}(t_o)}, l_v \text{ — as in the case of group 1}$	
Group 3	$\left(\frac{h_p}{w_n} \frac{f_{pt}(t_o)}{E_{pt}(t_o)} \right) h_p \geq w_d + \Delta w$	$\alpha[(2l_v \varepsilon_{pt}(t_o)) \times (1 + \varphi_{p(t,t_o)})] \geq w_d + \Delta w,$ $\text{where } \alpha, l_v \text{ — as in the case of group 1}$

f_{ct} — tensile strength of concrete, $f_{pt}(t_o)$ — tensile strength of coating in time t_o , $E_{pt}(t_o)$ — modulus of elasticity under tension for coating in time t_o , $\varepsilon_{pt}(t_o)$ — tensile strain of coating in time t_o , $\varphi_p(t, t_o)$ — creep coefficient for coating material, $k_{l,t}^p$ — coefficient taking into account influence of long-term load, w_n — crack width damaging coating under short-term load, α — coefficient taking into account thickness influence and deformation of coating

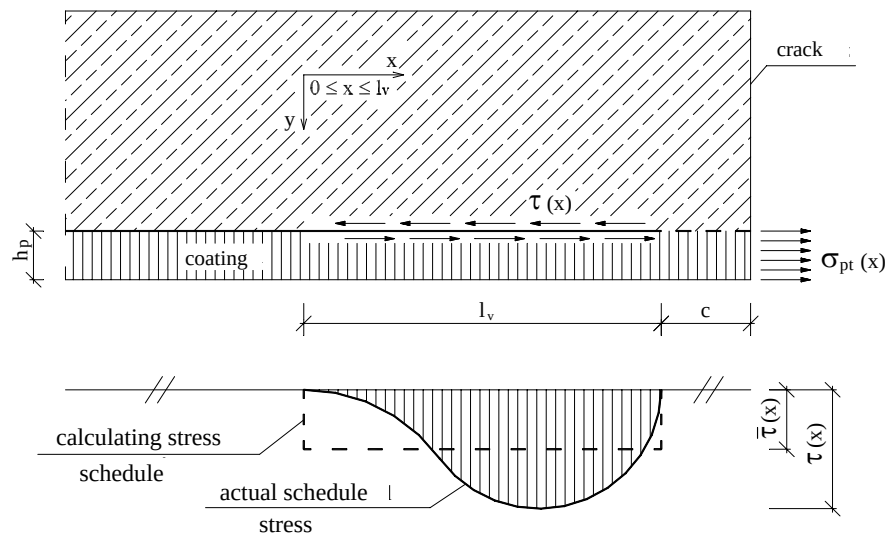


Fig. 2. Distribution of the shear stress $\tau(x)$ in the coating and concrete amalgamation plane if there is no adhesion of the coating to concrete in the crack area

The coating crack resistance criteria have been developed for three material groups (Table 1) [3, 16, 17]. The coating crack resistance criteria presented in Table 1 allow for definition of such coating properties and its thickness at which the coating should not be destroyed during development of cracks in concrete and any change of their width values.

Experimental research. The objective of the study was to prove that the coating resistance criteria proposed in this paper can be used for designing of surface protections of reinforced concrete structures applied in variable thermal and humidity conditions and for development of new coating materials that would be useful in such applications.

The next objective of this study was to define the impact of thermal effects on crack resistance of selected PC and PCC coatings used for concrete coating protection. The coating crack resistance shall be understood as maintenance of coating continuity at the moment of occurrence of cracks in the concrete substrate or increase of their width values during object operation.

Material selection Six products differing in properties and application have been selected for the tests (author's own material marking system has been applied):

two-component cement-acrylic materials (PCP-1 and PCP-3) applied as protective coatings for reinforced concrete structures used in the medium aggressive environment m_a . Those materials are represented by Group 3 coatings;

single-component acrylic material (PP-1) applied as a protective and decorative coating for reinforced concrete structures used in the low l_a and medium aggressive m_a environments. This material is represented by Group 3 coatings;

two-component polyurethane coating (PP-2) applied as protective coating for reinforced concrete structures used in the strongly aggressive environment h_a . This material is represented by Group 1 coatings.

Study of the Group 2 coating materials is currently underway.

The materials selected for the experiment feature high deformability. Such material selection has been dictated by the fact that during development and opening of a crack in the concrete substrate, huge relative deformations must occur in the coating due to zero (or close to zero) coating tension base. The study did not cover, therefore, any brittle coatings such as e.g. cement or unmodified epoxy coatings.

To make the concrete mixture used for formation of reinforced concrete beams to be tested (10 beams for each coating material), Portland cement CEM1 32,5 and natural aggregate with grain size not exceeding 4 mm as well as broken aggregate sized from 4 mm to 16 mm, were applied.

Samples and conditions for their treatment. Reinforced concrete elements used in tests for thermal action impact on coating capability to withstand the cracks were made with dimensions of 10×10×50 cm and reinforced with two smooth rods of 6 mm diameter. The concrete surround was 1,5 cm thick. After demoulding of the beams together with control samples (15 cm cubes), in which concrete crack resistance f_c and tensile strength f_t^{spl} were determined as well as concrete plates 5×25×25 cm intended for testing coating to concrete adhesion in detachment conditions f_{Ao} , were kept for 28 days at temperature of 19±2 °C and air relative humidity 100 %. After 28 days a coating layer was applied to concrete plates and reinforced concrete beams on the beam tensioned side. Until the thermal cycles were commenced the coated beams with control samples intended for definition of properties of the coatings applied and concrete, such as tensile strength f_{pb} , ultimate tensile strain E_{pb} , were kept in an air conditioned compartment at temperature of 20 °C and air relative humidity 65 %. Before beam

loading the coating thickness on beams h_p was measured using a microscope with reading accuracy of 0,05 mm and by application of ultrasonic method (UP-E). The coating properties were determined in samples featuring length of 110 mm, width 20 mm and measuring base length 50 mm. The control samples (coated beams, samples made of coating materials and concrete chunks) were kept in the air-conditioned compartment through the thermal cycle period and then tested. The properties of coatings and concrete were determined in the same thermal and humidity conditions in which the beams were tested.

Test methods. The coated beams were tested as freely supported, loaded with two concentrated forces applied at 1/3 element span (Figure 3). The beams were loaded in stages with measurements being made at each load stage until coating destruction. During element loading, measurements of bottom coating fibres elongation Δl_p with application of Huggenberger's extensometer with 100 mm measurement base and reading accuracy of 0,001 mm were performed in the centre section (between the forces applied). Also crack width values w_{lim} sustained by the coating were recorded with a microscope featuring the reading accuracy of 0,05 mm. Some beams were subjected to bending after 10 days of polymer coating hardening (14 days in the case of the cement-polymer coating). The remaining test elements were tested after 50 thermal cycles ($\Delta T = 40^\circ\text{C}$) and 25 freezing/thawing cycles as per RILEM test methodology [18].

The coating material properties were defined in accordance with BS 2782: Part 3. *Methods 320A to 320F. Tensile strength, elongation and elastic modulus*, whereas the adhesion to concrete as per RILEM [18]. The study comprised only those coating and concrete properties that were used for coating crack resistance criteria verification (Table 1).

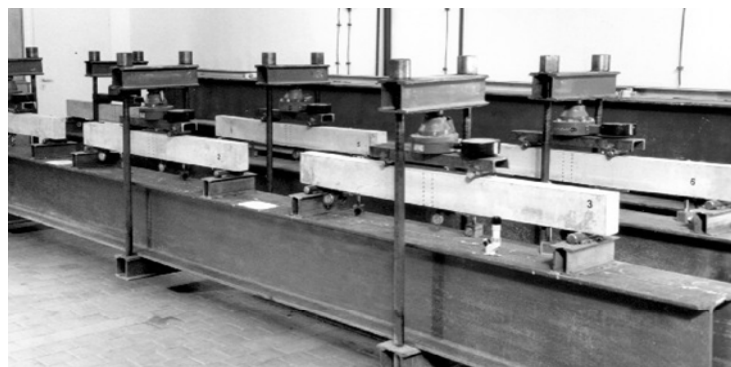


Fig. 3. The stand used for testing resistance to cracking in coatings

Test results and analysis. The statistical calculus was applied in processing of test results for coatings, coated beams and concrete properties (Table 2 and Table 3). The number of samples required for definition of the average value of tested coating and concrete features was statistically adequate.

Considerable change in PP-1 acrylic as well as PCP-3 and PCP-1 cement/acrylic coating crack resistance occurred after 50 days of the thermal shock.

In the case of PP-1 increase of coating crack resistance properties was observed and this was caused by additional hardening of the acrylic binder under influence of temperature. The PCP-3 cement/acrylic coating featuring decrease of strength f_{pt} and deformation ε_{pt} after 50 days of the thermal shock (Table 2) by

35 % and 45 % respectively, sustained a crack being by 50 % smaller than that developed in the control beams test. The PCP-1 cement/acrylic material has proved to be non-resistant to the number of temperature cycles applied during the study.

Table 2

Specification of average values of coating material properties

Material	Tested feature											
	Temperate thermal conditions				25 freezing/thawing cycles				50 thermal shock cycles			
	f_{Ao} MPa	f_{pt} MPa	ε_{pt} %	E_{pt} MPa	f_{Ao} MPa	f_{pt} MPa	ε_{pt} %	E_{pt} MPa	f_{Ao} MPa	f_{pt} MPa	ε_{pt} %	E_{pt} MPa
PP-1	>1,3 ¹⁾	0,91	59	1,59	>1,2 ²⁾	0,85	50	1,69	>1,5 ²⁾	1,51	64	1,98
PP-2	>2,0 ¹⁾	7,11	65	11,31	>1,9 ²⁾	7,68	62	11,81	not tested			
PCP-1	1,5 ²⁾	2,20	22	6,43	0,9 ¹⁾	1,3	17	6,25	0,7 ¹⁾	0,90	11	7,69
PCP-3	0,8 ²⁾	0,39	22	1,62	0,8 ¹⁾	0,42	24	1,58	0,5 ¹⁾	0,25	12	1,70
No of samples	6 pcs	12 pcs for PCP-1 and PP-2 plus 22 pcs for PCP-3 and PP-1			6 pcs	12 pcs for PCP-1 and PP-2 plus 22 pcs for PCP-3 and PP-1			6 pcs.	12 pcs for PCP-1 and PP-2 plus 22 pcs for PCP-3 and PP-1		

¹⁾ destruction in the coating/concrete adhesion plane,

²⁾ damage to section through the concrete,

³⁾ damage to section through the concrete — on average 80 %; destruction in the coating/concrete adhesion plane — on average 20 %,

⁴⁾ non-measurable value.

Table 3

Concrete and beam with coating subjected to thermal action — feature test results

Tested feature		Coating material applied			
		PCP-1	PCP-3	PP-1	PP-2
f_c , MPa	M	36,4	60,5	60,6	49,2
	C	36,4	58,2	58,2	Not tested
f_t^{spl} , MPa	M	3,7	4,3	4,3	4,0
	C	3,7	4,0	3,95	Not tested
h_p , mm	M	1,34 (1,31)	1,85 (2,03)	0,54 (0,46)	1,30 (1,41)
	C	1,41 (1,47)	1,83 (2,05)	0,54 (0,48)	—
Δl_p , mm	M	— ¹⁾ (0,753)	1,135 (1,326)	0,435 (0,385)	1,797 (1,802)
	C	— ¹⁾ (0,802)	0,685 (1,279)	0,698 (0,502)	Not tested
Crack interval w_{max} , mm	M	— ¹⁾ (0,75÷0,90)	0,85÷1,15 (0,95÷1,20)	0,35÷0,50 (0,35÷0,45)	1,60÷2,15 (1,70÷2,20)
	C	— ¹⁾ (0,75÷0,95)	0,45÷0,60 (0,90÷1,20)	0,50÷0,65 (0,35÷0,45)	Not tested
No of beams, pcs.	M	6	6	6	6
	C	6	6	6	—

M — 25 freezing /thawing cycles,
C — 50 thermal shock cycles,
¹⁾ coating cracking at the moment of crack development in concrete,
 f_c , f_t^{spl} — concrete compression and tensile strength values (coefficient of strength change-ability $6\% < v < 11\%$),
 h_p — coating thickness,
 Δl_p — coating bottom fibres elongation.

After 50 thermal shocks and 25 freezing/thawing cycles the coating cracked once after development of a crack in concrete. As regards the beams maintained during the cycle period at the temperature of +20 °C and air relative humidity 65 %, rupture of PCP-1 coating continuity appeared at crack width $w_{lim} = 0,83 \text{ mm}$ (Fig. 4 and 5). The PCP-1 properties study performed under variable thermal and humidity conditions indicated a considerable reduction of the ultimate tensile strain ε_{pt} and tensile strength f_{pt} , of the coating (Table 2).

The performed assessment of divergence of the average crack width values w_{lim} withstood by PP-1, PP-2 and PCP-3 coatings defined in the temperate thermal conditions and after 25 freezing/thawing cycles, indicated that the differences between the values concerned are statistically insignificant. This means that the number of freezing/thawing cycles used in the experiment had no significant impact on crack resistance of the above-mentioned coatings. No significant change of PP-1, PP-2 i PCP-3 coating material properties were noted after the freeze resistance cycles (Table 2).

The maximum width values of cracks withstood by the coatings calculated with application of the freeze resistance criteria are lower than the maximum crack width values fixed in the tests (Fig. 6).

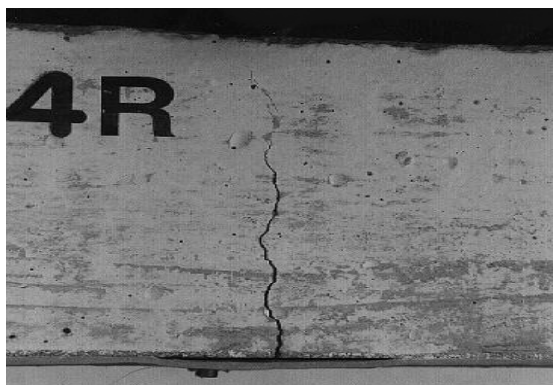


Fig. 4. Image of a beam with the PCP-1 coating covering a crack in concrete of maximum width of its opening being 0,83 mm



Fig. 5. Image of destruction of a beam covered with the PCP-1 coating tested after twenty five cycles of freeze resistance

The differences between the experimental and calculated crack opening width values fall within the interval from 10 % for PP-1 up to 28 % for PP-2. Good compatibility of the test results for coatings subjected to thermal action with analytical calculations indicates correctness of the coating crack resistance criteria.

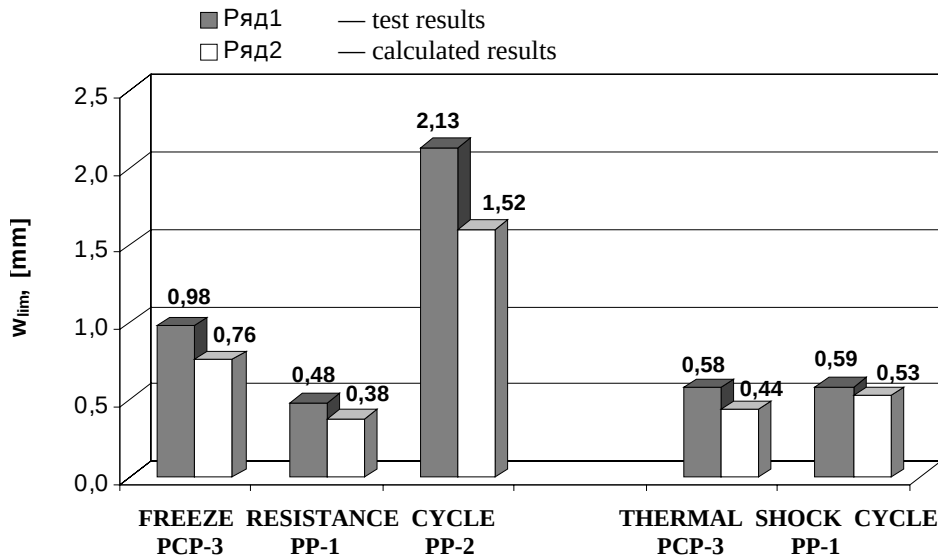


Fig. 6. Comparison of experimental and computational crack opening width w_{lim} withstood by coatings subjected to thermal action

It should be noted that those criteria were already verified experimentally for assessment of crack resistance of the coatings subjected to short-term and long-term static loadings as well as weather conditions (natural ageing of the coating material). The test and the calculation results also appeared to be compatible in those cases [7, 19].

Conclusions. Good compatibility of the test results for coatings subjected to any thermal action with analytical calculations confirms correctness of the developed crack resistance criteria for the coatings. Taking into account the conclusions drawn from PC and PCC coatings subjected to short-term and long-term static loadings as well as weather conditions (natural ageing of the coating material) It can be stated that the crack resistance criteria can be useful for designing of reinforced concrete protective coatings in such structures in which the preliminary loading stage did not develop any crack yet as well as after cracking stage, during object operation. Having properly selected the coating material type and coating thickness we can protect reinforced concrete structures against corrosion in a way preventing transfer of the substrate crack to the coating.

The study has shown that acrylic PP-1 and polyurethane PP-2 coatings will perform their function in the event of occurrence of thermal actions. Application of PCP-3 cement/acrylic coating to any concrete structures operating in variable thermal and humidity conditions can result in unsuccessful protection. Occurrence of thermal shock reduces PCP-3 coating crack resistance by approx. 50 % whereas

PCP-1, cement/acrylic material should not be applied, as the study has indicated, for protection of any concrete structure used in variable thermal and humidity conditions. PCP coating cracks with crack development in concrete.

REFERENCES

1. *Czarnecki L.* Repairing and protection of reinforced concrete constructions [in Polish]. Polski Cement, Kraków, 2002.
2. *Selvaraj R., Selvaraj M., Iyer S. V. K.* Studies on the evaluation of the performance of organic coatings used for the prevention of corrosion of steel rebars in concrete structures. *Progress in Organic Coatings*. Volume: 64, Issue: 4, March, 2009. Pp. 454—459.
3. *Sasse H. R.* Polymer adhesion to concrete — theories and Engineering Aspects. *Adhesion in Interfaces of Building Materials: a Multi-scale Approach*. Advances in Materials Science and Restoration. AMSR № 2. Aedificatio Publishers. Germany, 2007. Pp. 7—20.
4. *Remmele T. E.* Specifying high-performance coatings for concrete. *Construction Specifier*. 56(9). 2003. Pp. 49—54.
5. *Liu J., Vipulanandan C.* Tensile bonding strength of epoxy coatings to concrete substrate. *Cement and Concrete Research*. 2005. 35. Pp. 1412—1419.
6. *Delucchi M., Cerisola G.* Influence of thickness on mechanical properties and crack-bridging ability of coatings for concrete. *Progress in Organic Coatings*, 2005. Pp. 54: 305—309.
7. *Głodkowska W., Staszewski M.* Weatherability of coating materials for protection of concrete. *Adhesion in Interfaces of Building Materials: a Multi-scale Approach*. Advances in Materials Science and Restoration. AMSR № 2. Aedificatio Publishers. Germany, 2007. Pp. 193—206.
8. *Plum D.* Materials — what to specify. *Construction Maintenance & Repair*, 2001. Pp. 37: 7—8.
9. *Allen R. T. L., Edwards S. C., Shaw J. D. N.* The repair of concrete structures. Blackie Academic and Professional. London, 1994.
10. *Robery P., Shaw J.* Materials for the repair and protection of concrete. *Construction and Building Materials*. Vol. 11, № 5-5, 1997. Pp. 275—281.
11. *Czarnecki L., Głodkowska W., Piątek Z.* Compatibility of polymer and cement-polymer composites with ordinary concrete under short-time load conditions. *Archives of Civil Engineering*. XLIX, 1, 2004. Pp. 133—150.
12. *Almusallam A. A., Khan F. M., Dulaijan S. U., Al-Amoudi.* Effectiveness of surface coatings in improving concrete durability. *Cement and Concrete Composites*, 25, 2003. Pp. 473—481.
13. *Delucchi M., Barbucci A., Cerisola G.* 2005. Crack-bridging ability organic coatings for concrete: influence of the method of concrete cracking, thickness and nature of the coating. *Progress in Organic Coatings*, 49: 336—341.
14. *Rische G., Ross H.*, 1983. Messung der Verbundlänge von rissüberbrückenden Kunstharzbeschichtungen, *Int. Koll. Werkstoffwissenschaften und Bausanierung*, Esslingen.
15. *Kamaitis, Z.*, 2008. Modelling of corrosion protection for reinforced concrete structures with surface coatings. *Journal of Civil Engineering and Management*, 14(4): 241—249.
16. *Głodkowska W.* Verfahren zur Ermittlung der Qualität von Schutzbeschichtungen. *Bautenschutz und Bausanierung*, 8/2002.
17. *Głodkowska W.* Forecasting crack resistance of short- and long- term loaded coatings. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, № 4. 2010.
18. Draft Test Recommendations, 1995. Repair strategies for concrete structures damaged by steel corrosion, *Materials and Structures*, 27. Technical Committee 113-CPT, RILEM.
19. *Głodkowska W.* Rudiments and method of selection of composite properties for concrete repair and protection [in Polish]. Dissertation. Technical University of Koszalin, Koszalin, 2003, 231 p.

© Głodkowska W., 2012

Поступила в редакцию
в октябре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Głodkowska W. Method of selection of coat properties for protection of reinforced concrete construction // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 118—126.

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 621.928.92

И. В. Марков, Т. Б. Гадаборшева, А. Н. Богомолов

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ АСПИРАЦИИ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

Рассматривается влияние акустической обработки на отходящие газы от колосникового холодильника печи обжига клинкера. По результатам исследований и анализов, проведенных ранее, были сделаны выводы о том, что ультразвуковое воздействие существенно влияет на дисперсный состав пыли лишь при соблюдении определенных технических параметров.

К л ю ч е в ы е с л о в а: акустическая коагуляция, дисперсный состав, ультразвуковая коагуляция.

The influence of the acoustic treatment on the off-gases from the grate cooler of kiln clinker brick is considered. The ultrasonic exposure significantly is affected particle size distribution only under direct technical parameters according to results of researches and analyzes which are carried out previously.

К e y w o r d s: acoustic coagulation, particle size, ultrasonic coagulation.

С учетом того, что дальнейшее совершенствование существующих аппаратов с целью дополнительного повышения эффективности дается с большим трудом, а иногда и вовсе невозможно, наиболее рациональным способом увеличения степени очистки от мелкодисперсной пыли является применение новых процессов укрупнения мелкодисперсной пыли на стадии улавливания. Возможным способом укрупнения пыли может служить применение энергии акустических колебаний ультразвуковой частоты высокой интенсивности (ультразвуковая коагуляция). Изучением особенностей процессов ультразвукового воздействия на аэрозоли занимались Е. П. Медников, Ф. Г. Банит, А. Д. Мальгин, Л. Д. Розенберг, В. Н. Хмелев, А. В. Шалунов, Р. Н. Голых.

Коагуляция ультразвуковыми колебаниями обладает следующими преимуществами: осаждение высокодисперсных аэрозолей, улавливание которых обычными аппаратами сопряжено со значительными трудностями, а иногда невозможно; применимость к агрессивным газам; возможность работы при высоких температурах и давлениях; компактность аппаратуры, возможность установки в аспирационную шахту.

В статье рассматривается процесс повышения эффективности очистки отходящих газов от колосникового холодильника вращающейся печи № 6, установленной в цехе обжига цементного завода ОАО «Себряковцемент».

Первоначально были определены свойства рассматриваемой пыли, ее дисперсный состав [1]. Согласно имеющимся данным, построим кривую распределения частиц по массе, %, в зависимости от размера δ на классификационной номограмме в соответствии с [2] (рис. 1).

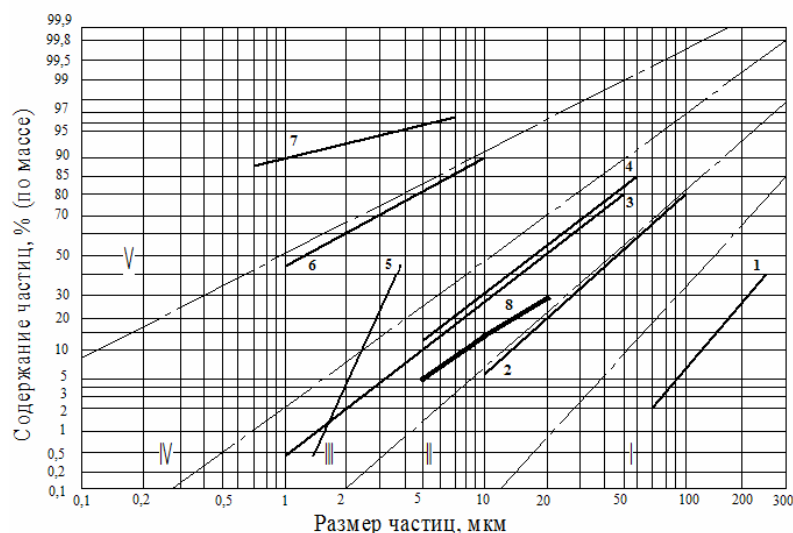


Рис. 1. Классификационная номограмма: I — V-классификационные группы пылей по их дисперсности; I — очень крупнодисперсная пыль с характерным медианым размером $d > 150 \cdot 10^{-6}$ м; II — крупнодисперсная пыль с $d = (40...150) \cdot 10^{-6}$ м; III — среднедисперсная пыль, у которой размер $d = (10...40) \cdot 10^{-6}$ м; IV — мелкодисперсная пыль с $d = (1...10) \cdot 10^{-6}$ м; V — очень мелкодисперсная пыль с $d < 1 \cdot 10^{-6}$ м: 1 — уголь, измельченный в шаровой мельнице; 2 — мелкозернистый кварцевый песок; 3 — пылевидный кварц; 4 — цемент; 5 — пыль, применяемая при исследованиях лабораторией ЦНИИПромзданий; 6 — дым мартеновских печей; 7 — атмосферная пыль; 8 — пыль от колосникового холодильника

Из вышеприведенной номограммы видно, что рассматриваемая пыль относится к третьей классификационной группе и является среднедисперсной.

В результате исследований, проведенных В. Н. Хмелевым, А. В. Шалуновым, Р. Н. Голых и др., были выявлены оптимальные параметры ультразвукового воздействия на аэрозоли: частота излучения не менее 20 кГц; формируемый уровень звукового давления не менее 130 дБ.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости применения специальных ультразвуковых высокоинтенсивных излучателей.

Исследованиями по акустической коагуляции также занималась украинская компания «Леннокс Энтерпрайс».

По результатам исследований полученных данных было выявлено, что клинкерная пыль укрупняется в 7 раз, а также внесена поправка, учитывающая слипаемость пыли, в зависимости для определения изменения счетной концентрации мелкодисперсной пыли в результате акустической обработки [3]:

$$\frac{N}{N_0} = \chi \cdot \exp \left(-1,04 - 0,98C + 0,007C^2 + 0,04Cf - 0,0056C\tau - 0,0077\tau I - 0,006f\tau + 0,098\tau^2 \right), \quad (1)$$

где χ — коэффициент, учитывающий влияние слипаемости на интенсивность укрупнения частиц пыли средней дисперсности; C — начальная концентрация пыли в газовом потоке; I — уровень интенсивности звука; f — частота звуковых колебаний; τ — продолжительность акустической обработки; T — температура пылегазового потока.

Используя зависимость применительно к рассматриваемой клинкерной пыли от холодильника определяем изменение дисперсного состава, по результатам была построена кривая изменения дисперсного состава на номограмме изменения дисперсного состава ряда пылей средней дисперсности под действием акустической обработки (рис. 2).

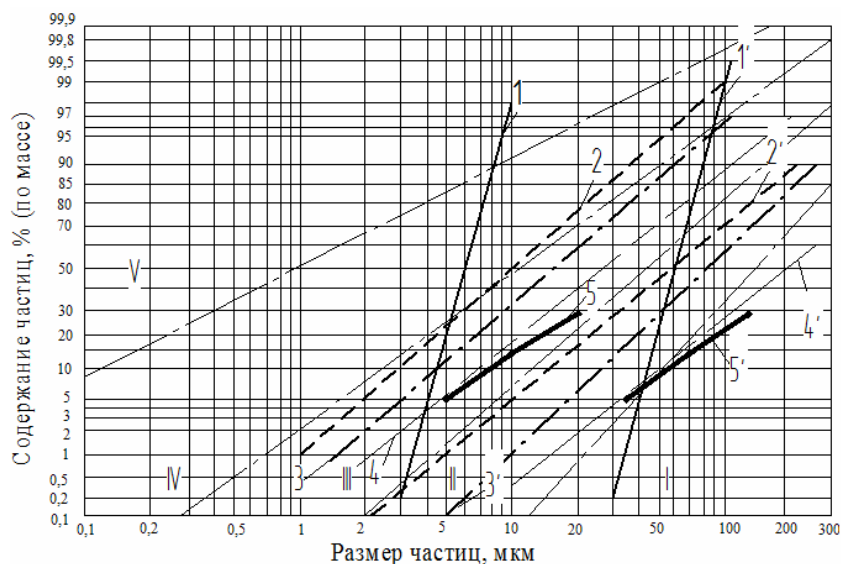


Рис. 2. Изменение дисперсного состава ряда пылей средней дисперсности под действием акустической обработки: 1, 1 — полимерная пыль; 2, 2 — известковая пыль; 3, 3 — чайная пыль; 4, 4 — мучная пыль; 5, 5 — пыль колосникового холодильника

По результатам анализа мы определили, что с повышением размера частиц увеличилась эффективность очистки, определяемая по кривой фракционных коэффициентов очистки, построенной в соответствии с [2] (рис. 3).

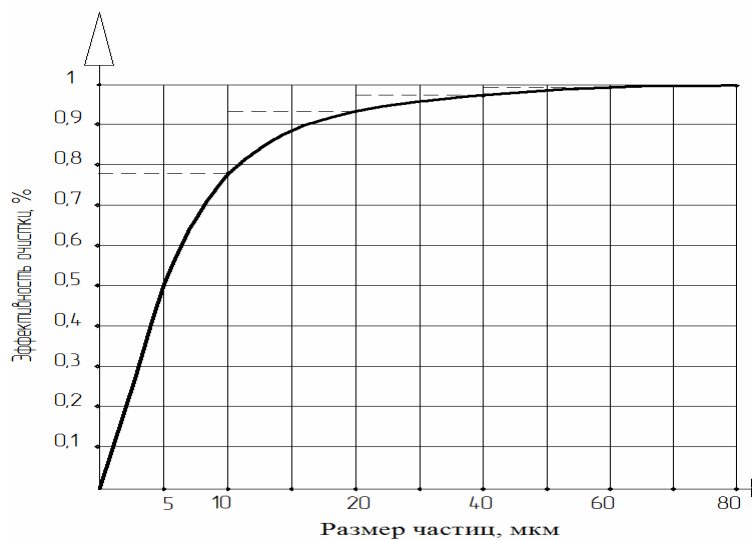


Рис. 3. Кривая фракционных коэффициентов очистки для батарейного циклона БКЦ-250

Зная дисперсный состав до и после акустической обработки, можно определить эффективность пылеочистного оборудования графоаналитическим методом (см. рис. 4 и 5) в соответствии с [2].

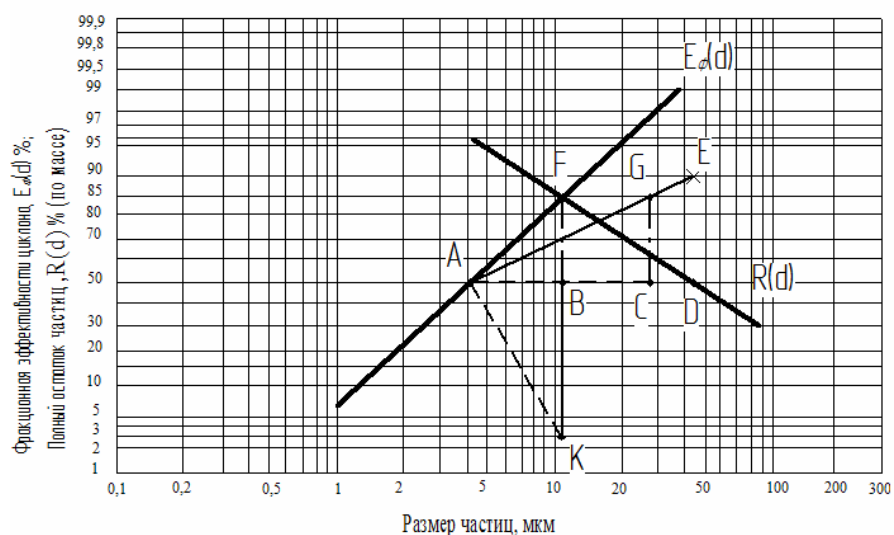


Рис. 4. Эффективность улавливания циклона БЦК-250 для нескоагулированной пыли

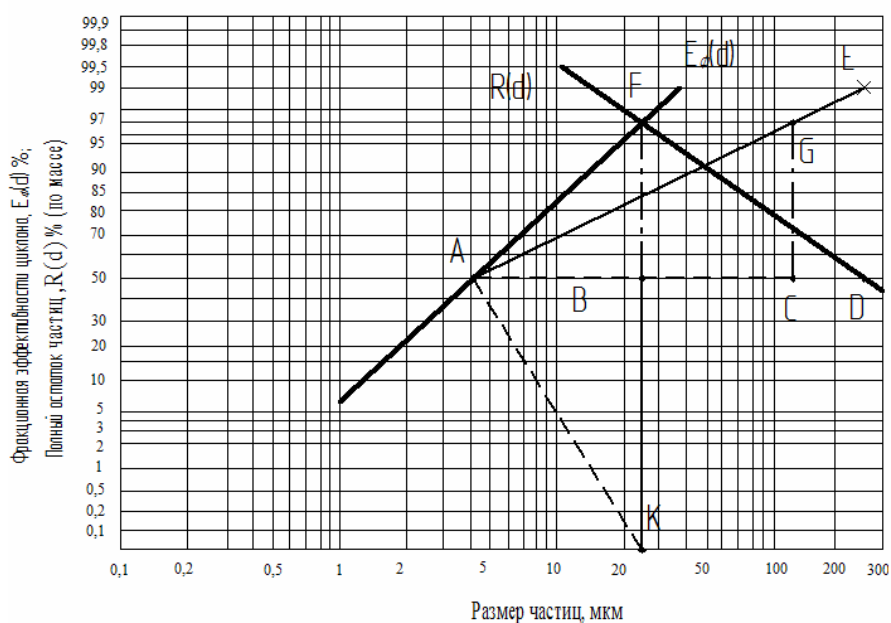


Рис. 5. Эффективность улавливания циклона БЦК-250 для скоагулированной пыли

По приведенным графикам мы определили, что эффективность увеличилась на 9 %, соответствует 201,2 т/год уловленной пыли.

К сожалению, все преимущества акустической коагуляции до настоящего времени практически не реализованы. В связи с этим возникает необходи-

мость в комплексном изучении процесса акустической коагуляции, заключающемся в проведении теоретического анализа процесса с целью выявления оптимальных режимов и условий акустического воздействия, и разработке оборудования, подтверждающего эффективность коагуляции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Банит Ф. Г., Мальгин А. Д. Пылеулавливание и очистка газов в промышленности строительных материалов. М. : Стройиздат, 1979. 351 с.

2. Внутренние санитарно-технические устройства : в 3 ч. Кн. 1. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Б. В. Баркалов, Н. Н. Павлов [и др.] ; под ред. Н. Н. Павлова, Ю. И. Шиллера. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Стройиздат, 1992. 319 с. : илл.

3. Физические основы ультразвуковой технологии / под ред. Л. Д. Розенберга. М. : Наука, 1968. 688 с.

1. Banit F. G., Malgin A. D. Pileulavlivanie i ochistka gazov v promyshlennosti stroitelnykh materialov. M. : Stroiizdat, 1979. 351 s.

2. Vnutrennie sanitarno-tekhnicheskie ustroistva : v 3ch. Kn. 1. Ventilyatsiya i konditsionirovanie vozdukha / B. V. Barkalov, N. N. Pavlov [i dr.] ; pod red. N. N. Pavlova, Yu. I. Shillera. 4-e izd., pererab. i dop. M. : Stroiizdat, 1992. 319 s. : il.

3. Fizicheskie osnovy ultrazvukovoi tehnologii / pod red. L. D. Rozenberga. M. : Nauka, 1968. 688 s.

© Марков И. В., Гадаборшева Т. Б., Богомолов А. Н., 2012

Поступила в редакцию
в ноябре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Марков И. В., Гадаборшева Т. Б., Богомолов А. Н. Повышение эффективности систем аспирации путем изменения дисперсного состава ультразвуковым воздействием // Вестник Волгogr. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 127—131.

УДК 536.24

А. Г. Бойков

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОПРОВОДНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРИМЕРЕ ОКОННОГО СТЕКЛА

Рассматривается возможность экспериментального определения функциональной зависимости температуропроводности строительных материалов при одностороннем нагреве.

К л ю ч е в ы е с л о в а: односторонний нагрев, плоские тела, постоянный поток тепла, оконное стекло.

The experimental definition opportunity of the functional dependence of the building materials thermal diffusivity at the one-sided heating is considered.

К e y w o r d s: one-sided heating, flat body, constant flow of heat, window glass.

Многие строительные материалы имеют прямолинейную зависимость теплопроводности от температуры:

$$\lambda = p + bt. \quad (1)$$

Для оконного стекла $p = 0,74$, $b = 0,001$ [1].

В литературных источниках функциональная зависимость температуропроводности стекла от температуры нами не обнаружена. Но часто дается некоторая постоянная ее величина. То же самое следует сказать и о весовой теплоемкости.

Если плоский образец нагревать с одной стороны, то теоретической основой экспериментального определения температуропроводности (потенциалопроводности) может служить закономерность упорядоченного теплового режима для одностороннего (несимметричного) нагрева плоского образца [2]

$$F = \ln N - 1,23 \int \frac{dM}{N} = - \frac{2,47}{R^2} \int a(\tau) d\tau + \text{const}, \quad (2)$$

которая получается путем решения дифференциального уравнения теплопроводности при измеряемых температурах поверхностей и середины тела. Здесь R — половина толщины плоского образца, м; a — его температуропроводность, м²/с.

$$N = p(t_{п_1} + t_{п_2} - 2t_{ц}) + \frac{b}{2}(t_{п_1}^2 + t_{п_2}^2 - 2t_{ц}^2), \quad (3)$$

$$M = p(t_{п_1} + t_{п_2}) + \frac{b}{2}(t_{п_1}^2 + t_{п_2}^2), \quad (4)$$

здесь $t_{п_1}$, $t_{п_2}$ и $t_{ц}$ — соответственно температуры поверхностей и центра исследуемого образца.

При обработке опытов интеграл вычисляется суммированием вида

$$\int \frac{dM}{N} = \sum_{\tau_*}^{\tau} \frac{1}{N} \Delta M.$$

Закономерности (2), (3), (4) действительны при условии

$$\frac{t_{\text{ц}} - t_0}{t_{\text{п}_1} - t_0} > 0,45, \quad (5)$$

то есть когда наступает упорядоченный нестационарный режим теплопроводности. В этом случае

$$a(\tau) = -\frac{dF}{d\tau} \frac{R^2}{2,47}. \quad (6)$$

Образец для исследования был составлен в форме пакета толщиной (расстояние между головками крайних термопар) $2R=0,0314$. Два других измерения по 300 мм.

Торцевые поверхности изолировались шлаковой ватой с толщиной слоя 30 мм по всему контуру. В качестве датчиков использованы хромель-копелевые термопары диаметром 0,2 мм, расположенные в плоскостях соответствующих изотермических поверхностей. Измерение температуры поверхностей и середины тела осуществлялось электронным потенциометром. Нагрев производился контактным способом с помощью электрического нагревателя, зеркало которого строго соответствовало зеркалу боковой поверхности пластины. Со второй стороны боковая поверхность свободно охлаждалась суммарным тепловым потоком в окружающую среду. Весь эксперимент занял около двух часов.

В табл. приведены результаты измерений температур поверхностей и центра тела, нагреваемого контактным способом, начиная с момента, характеризуемого неравенством (5), до начала асимптотического приближения к стационарному режиму.

Измерения температур поверхности и центра тела

τ , мин	35	40	45	50	55	60	65	70	75
$t_{\text{п}_1}$, °C	59,0	62,5	65,8	69,0	72,0	74,5	77,0	79,5	82,0
$t_{\text{ц}}$, °C	44,3	48,0	51,5	55,0	58,3	61,5	64,3	67,0	70,0
$t_{\text{п}_2}$, °C	37,0	40,3	43,8	47,0	50,0	53,0	56,0	59,0	61,5

После подстановки этих значений в левую сторону соотношения (2) можно подобрать эмпирическую зависимость от времени

$$F = -\left[0,00526\tau + 4,533\exp(-2,91 \cdot 10^{-4}\tau)\right],$$

$$\frac{dF}{d\tau} = 0,00526 - 1,319 \cdot 10^{-3} \exp(-2,91 \cdot 10^{-4}\tau) = \frac{2,47}{R^2} a.$$

С учетом этого

$$a = -\frac{dF(\tau)}{d\tau} \frac{R^2}{247} = \left[5,249 - 1,316\exp(-2,91 \cdot 10^{-4}\tau)\right] 10^{-7}.$$

Последнее можно переписать так:

$$a = \left(3,933 + 1,316 \cdot \left[1 - \exp\left(-2,91 \cdot 10^{-4} \tau\right) \right] \right) 10^{-7}$$

или

$$a = \left(3,933 + 0,0139 \cdot 95 \left[1 - \exp\left(-2,91 \cdot 10^{-4} \tau\right) \right] \right) 10^{-7}.$$

Множитель после числа 0,0139 соответствует температуре центра пакета стекла $t_{\text{ц}}$. Тогда окончательное уравнение принимает вид

$$a = (3,933 + 0,0139t) \cdot 10^{-7},$$

которое действительно в пределах ста градусов.

На рис. 1 показаны результаты обработки опыта в соответствии с закономерностями (1)–(6). Как видно из рисунка, корреляционное поле имеет прямолинейный характер.

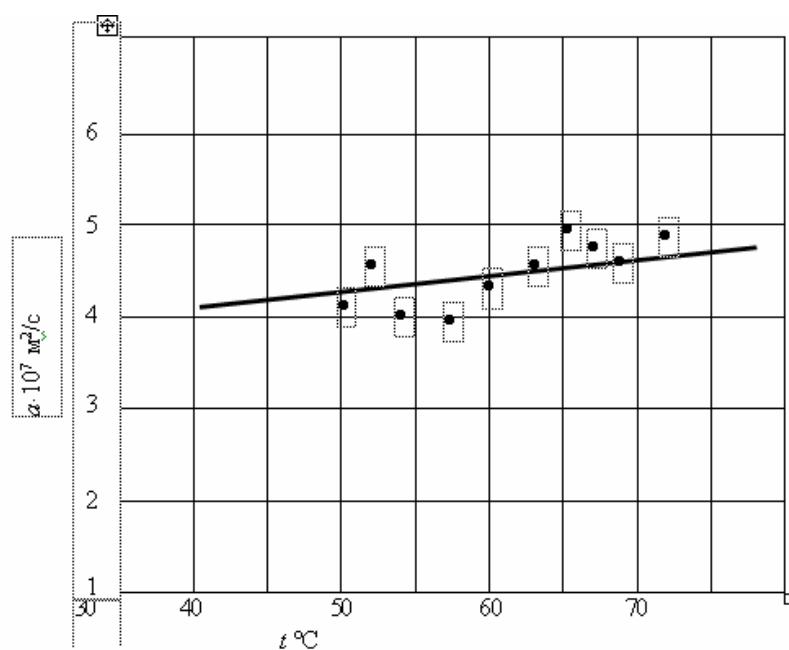


Рис. 1. Корреляционное поле температуропроводности оконного стекла по данным опыта, закономерностей (1)–(6) и уравнение регрессии $a = (3,933 + 0,0139t)10^{-7}$

Весовая теплоемкость подсчитывается простым соотношением

$$c = \frac{\lambda}{\rho r} = \frac{(0,74 + 0,001t)10^7}{(3,933 + 0,0139t)2500},$$

где ρ — плотность стекла, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Для температур 40, 55, 70 °С весовая теплоемкость получается соответственно 695, 677, 660 Дж/кг·град.

В литературных источниках, например [1], дается постоянное, некоторое среднее значение теплоемкости обыкновенного стекла 0,67 кДж/кг·К.

Предлагаемая методика рекомендуется для любых строительных материалов и области упорядоченного теплового режима. Она не может быть использована в начальный период процесса нагрева, а также на подходе к равновесному состоянию.

По заказу одной волгоградской фирмы предлагаемым методом исследовался также новый огнеупорный материал. Материал с добавками исследовался на предмет определения всех теплофизических характеристик в пределах температур до ста градусов. Схема экспериментальной установки для коэффициента теплопроводности и температуропроводности показана на рис. 2 и 3.

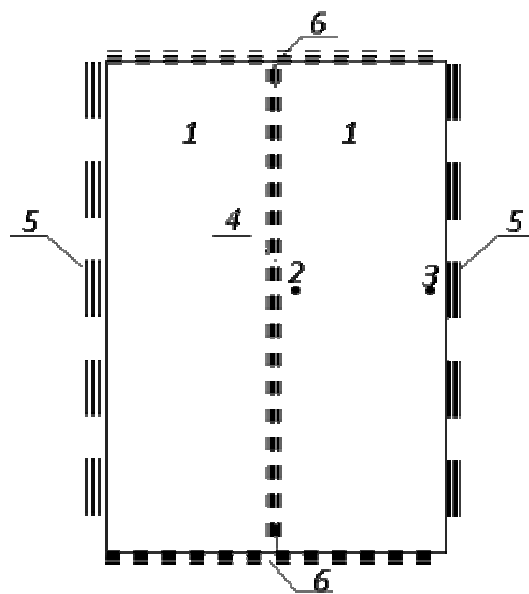


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для определения теплопроводности материала: 1 — образец из спец. огнеупора; 2, 3 — места закладки термодатчиков; 4 — рабочий нагреватель; 5 — вспомогательные нагреватели для создания различных условий опыта; 6 — торцевая изоляция

Коэффициент теплопроводности определялся стационарным методом плоского слоя при разных исходных условиях, создаваемых вспомогательными нагревателями 5, после чего включался рабочий нагреватель 4. С помощью внутреннего нагревателя 4 температура в системе каждый раз повышалась в среднем на десять градусов. В итоге удалось заметить зависимость вида

$$\lambda = 0,34 + 0,0004t, \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}.$$

Температуропроводность определялась нестационарным методом на основе закономерностей (1)—(6).

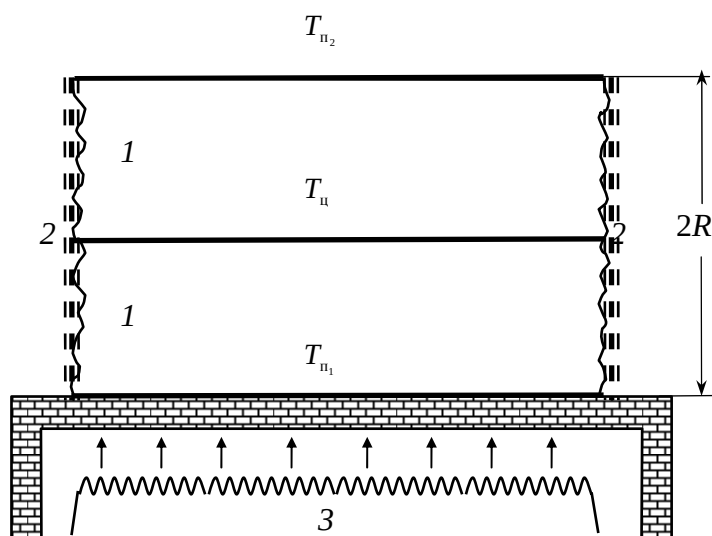


Рис. 3. Схема экспериментальной установки для определения теплопроводности материала: 1 — образец из специального огнеупора; 2 — торцевая изоляция; 3 — нагреватель; $T_{п1}$, $T_{п2}$, $T_{ц}$ — измеряемые температуры поверхностей и центра системы

На рис. 4 показаны кривые изменения температур образца в зависимости от времени, записанные электронным потенциометром. Все расчетные точки после наступления режима (5) легли довольно точно на одну прямую линию:

$$\alpha \cdot 10^6 = 0,451 - 0,0032t.$$

Плотность образца составила 1200 кг/м^3 , что позволило подсчитать также и весовую теплоемкость.

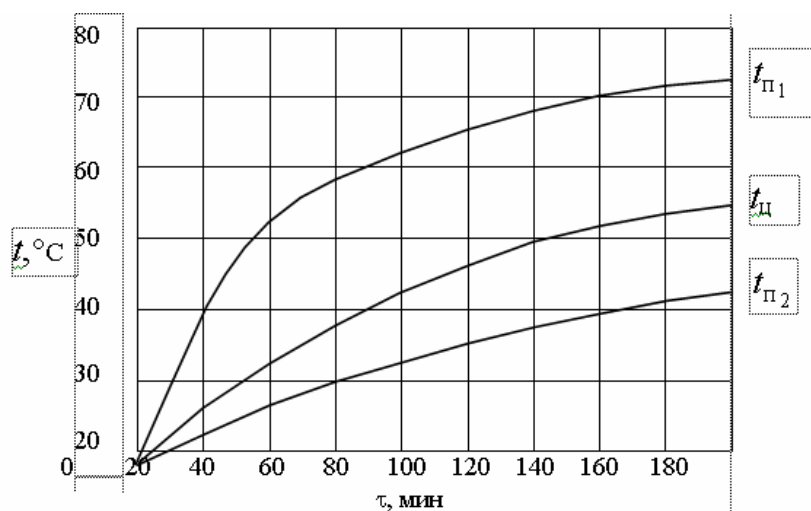


Рис. 4. Нагрев плоского образца из специального огнеупора толщиной $2R = 58 \text{ мм}$ несимметричным контактным потоком тепла

По результатам экспериментальных исследований определены следующие значения коэффициентов теплопроводности λ , температуропроводности a и весовой теплоемкости c при температурах 0 и 71 °С.

λ , Вт/м·град	$\lambda(0) = 0,34$
	$\lambda(71) = 0,368$
	$\lambda_{\text{ср}} = 0,354$
$a \cdot 10^6$, м ² /с	$a(0) = 0,451$
	$a(71) = 0,224$
	$a_{\text{ср}} = 0,337$
$c \cdot \frac{1}{4187}$, Дж/кг·град	$c(0) = 0,15$
	$c(71) = 0,327$
	$c_{\text{ср}} = 0,209$

Из приведенных данных видно, что практически с достаточной степенью точности можно пользоваться средними значениями коэффициента теплопроводности. В то же время необходимо учитывать изменение температуропроводности и теплоемкости такого огнеупорного материала.

Окончательные данные приняты за основу для использования. Состав специального огнеупора опубликованию не подлежит.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тепломассообмен: теплотехнический справочник / под ред. В. А. Григорьева, В. М. Зорина. М. : Энергоиздат, 1982. С. 123.
2. Бойков А. Г. Теоретические основы определения тепловых свойств строительных материалов в нестационарных процессах нагрева. Волгоград : ВолгГАСА, 2002. 65 с.
1. Teplomassoobmen: teplotekhnicheski spravochnik / pod. red. V. A. Grigoreva, V. M. Zorina. M. : Energoizdat, 1982. S. 123.
2. Boikov A. G. Teoreticheskie osnovy opredeleniya teplovykh svoystv stroitelnykh materialov v nestatsionarnykh protsessakh nagreva. Volgograd : VolgGASA, 2002. 65 s.

© Бойков А. Г., 2012

Поступила в редакцию
в октябре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Бойков А. Г. Температурная зависимость теплопроводности строительных материалов на примере оконного стекла // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 132—137.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 628.161.1

**Т. Ф. Рыльцева, В. В. Рыльцев, А. В. Приходченко,
А. А. Болеев, Р. В. Потоловский**

К ВОПРОСУ О СИСТЕМЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, охраны водных объектов, замкнутые системы водного хозяйства.

К л ю ч е в ы е с л о в а: замкнутые системы водного хозяйства, безвозвратные потери.

Questions of environment safety, protection of water bodies, closed-circuit systems of the water industry are considered.

К e y w o r d s: closed-circuit systems of water industry, non-collectable scrap.

Двадцать первое столетие характеризуется интенсивным ростом населения Земли, урбанизацией. Современный уровень развития промышленности, транспорта, энергетики, индустриализация сельского хозяйства привели к тому, что антропогенное воздействие на окружающую среду, прежде всего на гидросферу, приняло глобальный характер. В настоящее время уровень негативного воздействия на гидросферу достиг критической отметки. Это приводит к отравлению водных горизонтов. Водные ресурсы загрязнены и истощены.

Широкое внедрение ресурсосберегающих малоотходных технологических процессов, а также локальных очистных сооружений на существующих предприятиях позволит повысить эффективность мер по охране окружающей среды.

Охрана окружающей среды представляет собой весьма многогранную проблему, решением которой занимаются инженерно-технические работники практически всех специальностей, связанных с хозяйственной деятельностью в населенных пунктах и на промышленных предприятиях, которые могут являться источником загрязнения водной среды [1].

Практически все поверхностные источники водоснабжения в последние годы подвергаются воздействию антропогенных загрязнений, особенно такие реки, как Волга, Дон, Северная Двина, Урал, Уфа, Тобол, Томь а также другие реки Сибири и Дальнего Востока. 70 % поверхностных вод и 30 % подземных потеряли питьевое значение и перешли в категории загрязненности «условно чистая» и «грязная». Практически 70 % населения Российской Федерации употребляет воду, не соответствующую СанПиН 2.1.4.1074-01 [2].

Особенно тяжелое положение с загрязнением поверхностных водоисточников сложилось в Астраханской, Кемеровской, Калининградской, Томской, Тюменской, Ярославской областях, Приморском крае. Возрастает загрязнение подземных вод, используемых для водоснабжения, в том числе нефтепродуктами, тяжелыми металлами, пестицидами и другими вредными веществами, которые поступают в водоносные горизонты со сточными водами.

Охрана водных объектов от загрязнений осуществляется посредством регулирования деятельности как стационарных, так и других источников загрязнений. Федеральные органы исполнительной власти и органы исполнительной власти субъектов РФ осуществляют охрану водоемов от всех видов загрязнений, включая диффузное (загрязнение через земную поверхность и воздух).

Аварийное загрязнение водных объектов возникает при залповом сбросе вредных веществ в поверхностные водоемы, который причиняет вред здоровью населения, нормальному осуществлению хозяйственной и иной деятельности, окружающей природной среды, а также биологическому разнообразию.

В соответствии с Конституцией Российской Федерации, водное законодательство России находится в совместном ведении РФ и субъектов РФ. Оно состоит из Водного кодекса Российской Федерации и принимаемых в соответствии с ним федеральных законов и иных нормативно-правовых актов, а также законов и нормативно-правовых актов субъектов РФ.

Согласно водному кодексу Российской Федерации, использование водных объектов для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения является приоритетным. Для этих целей должны использоваться защищенные от загрязнения и засорения поверхностные и подземные водные объекты. Их пригодность для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения определяется органами санитарно-эпидемиологического надзора.

Меры предупреждения вредного воздействия на водные объекты определяются водным законодательством Российской Федерации. На территории России практически все водоемы подвержены антропогенному влиянию. Качество воды в них не отвечает нормативным требованиям. Многолетние наблюдения за динамикой качества поверхностных вод выявили тенденцию к росту их загрязненности. Увеличивается количество случаев высокого уровня загрязнения воды (более 10 ПДК) и экстремально высокого загрязнения водных объектов (более 100 ПДК). Основными источниками загрязнения водоемов служат предприятия черной и цветной металлургии, химической и нефтехимической, целлюлозно-бумажной, легкой промышленности.

Информация об экологической оценке качества воды представлена в виде технологической схемы.

Основными причинами загрязнения являются низкий уровень производств во всех отраслях человеческой деятельности; практически отсутствие производства, особенно крупнотоннажного, по переработке сырья (нефть, лес, уголь и т. д.), где водоподготовке и очистке воды уделяется такое же внимание, как основному производству. Экономически это невыгодно.

В России весьма несовершенная законодательная база, которая могла бы наказывать нарушителей вплоть до закрытия предприятий.

Высокоразвитым странам становится выгоднее покупать обработанное (переработанное) сырье в тех странах, где очень дешевая рабочая сила и мало заботятся о защите окружающей среды. Но существуют международные конвенции, требующие кардинальных изменений в обозначенной проблеме.



Информация, используемая при технологической оценке качества воды

Интегральные показатели и индексы качества природных вод [3]:

Комплексный индекс качества воды I_3 :

$$I_3 = q_{\min} \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n q_i / 5^n}; i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

где q_i — оценка качества воды в баллах для i -го ингредиента загрязнения; $q_{\min}$ — минимальное значение качества воды в баллах для всего набора загрязнителей.

Обобщающий показатель комплексной оценки качества воды:

$$I = \left| \sum_{i=1}^n \gamma_i \omega_i \right| \prod_{i=1}^n \varphi(\omega_i \gamma_i) = I_0 \Phi, \quad (2)$$

где γ_i — относительный вес i -го показателя; ω_i — оценка в баллах качества воды по i -му показателю; φ_i — «штрафная» функция, понижающая индекс при превышении нормы каким-либо показателем.

Уровень загрязненности d :

$$d_i = l_{i0} / l_0; \quad l_0 = \bar{l}_0 + 2S_0; \quad \bar{l}_0 = \frac{1}{W} \sum_{i=1}^W l_{i0}. \quad (3)$$

где l_{i0} — расстояние в признаковом пространстве между i -м и эталонным створом; W — количество исследуемых створов; S_0 — стандартное отклонение расстояний l_{i0} от их среднего значения $\bar{l}_0$.

На сегодняшний день существуют технологии очистки водных сред, позволяющие достигать высокой степени очистки, но их применение экономически нецелесообразно. Эту задачу возможно решить лишь на государственном уровне, вводя комплексную и в то же время дифференцированную систему контроля качества сточных вод: предприятия с учетом технологического профиля, не способные по определенным причинам избавиться от сточных вод, готовят централизованно соответствующие концентраты и отправляют их на переработку на специализированные предприятия, которые находятся на дотации государства или совместно-долевым финансировании предприятий-участников. Эти предприятия, используя высокотехнологичные методы, очищают воду до соответствующих международных стандартов, а выделенные загрязнители переходят в ранг вторичного сырья. Это должны быть мощные научно-производственные комплексы, способные мобильно реагировать на изменение состава и количества сточных вод, совершенствовать методы очистки сточных вод, опираясь не только на опыт коллег, но и на собственный [4].

Эффективным методом охраны вод от загрязнений и истощения, значительного уменьшения потребления свежей воды является внедрение замкнутых бессточных и безотходных систем водного хозяйства (ЗСВ). В перспективе внедрение замкнутых систем приведет к полному исключению попадания загрязнений со сточными водами в окружающую среду и практически полному прекращению потребления свежей воды на технологические нужды. Для восполнения безвозвратных потерь будут использоваться очищенные

ливневые, дренажные воды и особенно хозяйственно-бытовые сточные воды. Процесс перехода на такие замкнутые системы по экономическим, техническим и иным причинам потребует значительного времени.

Конечно, переход промышленных предприятий на ЗСВ определяется, прежде всего, дефицитом воды, исчерпыванием ассимилирующей способности водных объектов, предназначенных для приема сточных вод, экономическими преимуществами по сравнению с системами водоснабжения и очистки сточных вод перед их сбросом в водные объекты.

Строительство замкнутой системы водного хозяйства предусматривает внедрение эффективных, прежде всего физико-химических и биотехнологических методов очистки сточных вод, установление научно обоснованных предельно допустимых концентраций солей, нефтепродуктов и других компонентов в оборотной воде с учетом ее эпидемиологической и токсикологической безопасности для каждого замкнутого цикла, создание максимально возможного количества локальных замкнутых циклов с многократным использованием воды в них, извлечение из сточных вод ценных компонентов, переработку в целях утилизации выделенных осадков и засоленных вод. Естественно, что в замкнутых системах доля оборотного водоснабжения должна быть доведена до предельной величины.

Отличительной особенностью замкнутых бессточных и безотходных систем водного хозяйства является необходимость иметь в их составе так называемые хвостовые установки, наличие которых позволяет сделать систему замкнутой. К ним относятся установки переработки и утилизации концентрированных отработанных технологических растворов, обезвоживания и сушки осадков, стабилизационные, биоинженерные, деминерализационные установки, а также установки сжигания, доочистки сбросных продувных вод. Их наличие усложняет и делает более дорогой систему, которая по существу представляет собой химико-технологический комплекс (цех) внутри предприятия по производству чистой воды. Кроме повышенных капитальных и эксплуатационных затрат необходимо высокопроизводительное оборудование (механического обезвоживания, сушки, обессоливания и др.), ЭВМ, приборы КИ-ПиА, высококвалифицированный обслуживающий персонал. В этом случае цех водоснабжения становится из второстепенного основным [5].

Внедрение такой схемы позволит решить глобальную проблему — приведение качества водных ресурсов России к международным стандартам, соответственно отвечающих требованиям ISO. На сегодняшний день такая система качества не сформирована, что объясняется, прежде всего, состоянием водного законодательства и безответственным отношением всего населения к водному богатству.

На кафедре водоснабжения и водоотведения ВолгГАСУ ученые занимаются вопросами качества как систем водоснабжения, так и систем водоотведения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мазо А. А., Гребешок В. Д. Экологические проблемы очистки воды // Химия и технология воды. 2003. Т. 11. № 5. С. 6—13.
2. СанПиН 2.1.4.1074—01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

3. Дружинин Н. И., Шишкин А. И. Математическое моделирование и прогнозирование загрязнения поверхностных вод суши. Л. : Гидрометеиздат, 1989. 390 с.

4. Макашов Ю. И. Очистка производственных сточных вод в новых экономических условиях // Вода и экология. 2005. № 2. С. 36—47.

5. Опыт внедрения новых технологий и оборудования для очистки природных и сточных вод / Ю. Л. Галкин, К. А. Уласовец, Д. А. Обадин и др. Тез. докл. науч.-практ. конф. на IV Междунар. специализированной выставке «Машиностроение-2000». Промышленная экология. Челябинск, 2000. С. 19.

1. Mazo A. A., Grebeshok V. D. Ekologicheskie problemy ochistki vody // Himiya i tekhnologiya vody. 2003. T. 11. № 5. S. 6—13.

2. SanPiN 2.1.4.1074-01. Pitevaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pitevogo vodosnabzheniya. Kontrol kachestva.

3. Druzhinin N. I., Shishkin A. I. Matematicheskoe modelirovanie i prognozirovanie zagryazneniya poverkhnostnykh vod sushi. L. : Gidrometeoizdat, 1989. 390 s.

4. Makashov Yu. I. Ochistka proizvodstvennykh stochnykh vod v novykh ekonomicheskikh usloviyakh // Voda i ekologiya. 2005. № 2. S. 36—47.

5. Opyt vnedreniya novykh tekhnologi i oborudovaniya dlya ochistki prirodnnykh i stochnykh vod / Yu. L. Galkin, K. A. Ulasovets, D. A. Obadin i dr. Tez. dokl. nauch.-prakt. konf. na IV Mezhdunar. spetsializirovannoy vystavke «Mashinostroeniye-2000». Promyshlennaya ekologiya. Chelyabinsk, 2000. S. 19.

© Рыльцева Т. Ф., Рыльцев В. В., Приходченко А. В., Болеев А. А., Потоловский Р. В., 2012

Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

К вопросу о системе качества воды / Т. Ф. Рыльцева, В. В. Рыльцев, А. В. Приходченко, А. А. Болеев, Р. В. Потоловский // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 138—143.

**ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ,
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ**

УДК 691:699.86:620.1

А. Н. Жуков, А. Г. Перехоженцев

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА
ПАРОПРОНИЦАЕМОСТИ ЖИДКОГО КЕРАМИЧЕСКОГО УТЕПЛИТЕЛЯ
ТИПА «КОРУНД-КЛАССИК»**

Приведены результаты экспериментальных исследований коэффициента паропроницаемости жидкой керамической теплоизоляции «Корунд-Классик» и даны рекомендации по применению этого материала.

К л ю ч е в ы е с л о в а: жидкий керамический утеплитель, коэффициент паропроницаемости, ограждающие конструкции зданий.

Results of experimental researches of vapor permeability coefficient of the liquid ceramic heat-insulation "Corund-Classic" are quoted. Recommendations for application of this material are given.

K e y w o r d s: liquid ceramic insulant, vapor permeability coefficient, enclosures.

Коэффициент паропроницаемости является важнейшей характеристикой материала, показывающей способность ограждающих конструкций зданий к диффузии пара через ограждение.

Паропроницаемость теплоизоляционных материалов во многом определяет влагоперенос через ограждающую конструкцию в целом. Это, в свою очередь, является одним из существенных факторов, влияющих на термическое сопротивление ограждающей конструкции. Во избежание накопления влаги в многослойной ограждающей конструкции и связанного с этим падения термического сопротивления паропроницаемость слоев должна расти в направлении от теплой стороны ограждения к холодной.

Использование паронепроницаемого материала в качестве наружной теплоизоляции может привести к процессу появления влаги и ее накопления внутри конструкции, что является одним из самых вредных факторов, приводящих к разрушению строительной конструкции, снижению теплозащиты, ухудшению микроклимата, появлению плесени и грибков на внутренней поверхности ограждающей конструкции.

Нередко заявленные производителем характеристики материалов не соответствуют фактическим.

Для экспериментального определения коэффициента паропроницаемости жидкого керамического утеплителя «Корунд-Классик» воспользуемся стандартной методикой ГОСТ 25898—83 «Методы определения сопротивления паропроницанию» [1].

Для этого были изготовлены опытные образцы из жидкой керамической теплоизоляции «Корунд-Классик». В качестве подложного материала была использована сетка с ячейкой 2×2 мм. Сетка покрывалась жидкой теплоизоляцией послойно по 0,5 мм. Общая толщина покрытия составила 2 мм. Образцы были установлены в камеру, где поддерживалась постоянная температура +25 °С и влажность окружающей среды 35 %. Измерения потери массы воды образцов проводились каждые 7 сут с точностью до 0,01 г на электронных весах ВЛТЭ-500. После установления постоянного потока водяного пара, равного одинаковым потерям массы воды, был построен график 1 «Изменение массы влаги в зависимости от времени образцов» (рис).

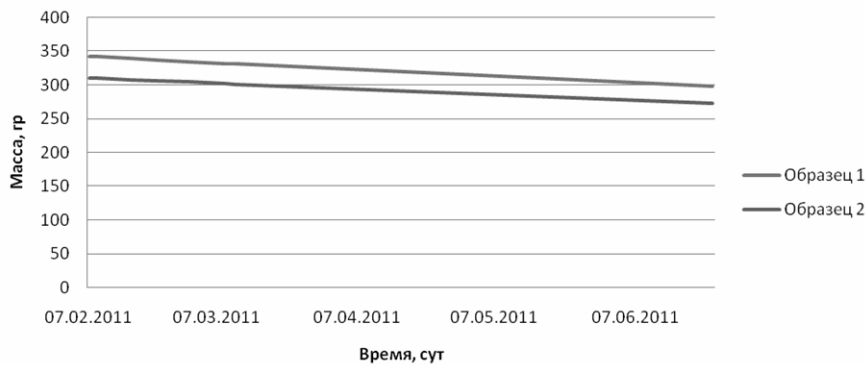


График зависимости изменения массы влаги от времени образцов

На основании результатов измерений потери массы образцов для расчета коэффициента паропроницаемости был выбран линейный участок Δm продолжительностью 137 сут.

Согласно методике расчета по [1], плотность потока водяного пара через образец q , мг/(ч×м²) определяется по формуле

$$q = \frac{\Delta m}{\Delta t F}, \quad (1)$$

где Δm — уменьшение массы образца за время Δt , равное 38290 мг; Δt — время между двумя последними измерениями, равное 3288 ч; F — площадь образца, равная 0,0049 м².

Подставляя значения в формулу (1), получим:

$$q = \frac{38290}{3288 \cdot 0,0049} = 2367,3.$$

Значение парциального давления насыщенного пара E при температуре воздуха $t_b = 25^\circ\text{C}$, определенное по [2, табл. С.1], будет равно $E = 3169$ Па.

Парциальные давления водяного пара при относительных влажностях 35 и 98 % и $t_b = 25^\circ\text{C}$ соответственно будут равны $e^{35} = 1109$ Па и $e^{98} = 3106$ Па.

Разность парциальных давлений водяного пара, Па, с двух сторон образца будет равна:

$$\Delta e = e^{98} - e^{35} = 1997. \quad (2)$$

Сопротивление паропроницаемости, $(\text{Па} \times \text{ч} \times \text{м}^2)/\text{мг}$ определим по формуле

$$R = \frac{\Delta e}{q} = \frac{1997}{2367,3} = 0,84. \quad (3)$$

Определяем коэффициент паропроницаемости μ , $\text{мг}/(\text{Па} \times \text{ч} \times \text{м})$ по формуле

$$\mu = \frac{\delta}{R}, \quad (4)$$

где δ — толщина образца, равная 0,002 м.

Подставляя соответствующие значения в формулу (4), получим:

$$\mu = \frac{0,002}{0,84} = 0,0024.$$

В технических условиях на аналогичные материалы коэффициент паропроницаемости μ значительно больше.

Для анализа данной величины коэффициента паропроницаемости составим сравнительную таблицу. Значения коэффициентов паропроницаемости различных материалов взяты из справочной литературы [2, табл. Д.1].

Сравнительная таблица значений коэффициентов паропроницаемости различных строительных материалов

Наименование	Коэффициент паропроницаемости μ , $\text{мг}/(\text{Па} \times \text{ч} \times \text{м})$
Конструкционные материалы	
Железобетон (ГОСТ 26633), $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$	0,03
Раствор цементно-песчаный, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$	0,09
Конструкционно-теплоизоляционные материалы	
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$	0,09
Полистиролбетон (ГОСТ 25485, ГОСТ 5742), $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$	0,068
Газо- и пенобетон (ГОСТ 25485, ГОСТ 5742), $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$	0,11
Теплоизоляционные материалы	
Экструдированный пенополистирол «Стайрофоам», $\rho = 28 \text{ кг/м}^3$	0,006
Теплоизоляционные изделия из вспененного синтетического каучука «Аэрофлекс», $\rho = 80 \text{ кг/м}^3$	0,003
Кровельные и гидроизоляционные материалы	
Битумы нефтяные строительные и кровельные (ГОСТ 6617, ГОСТ 9548)	0,008
Асфальтобетон (ГОСТ 9128)	0,008
Рубероид (ГОСТ 10923), пергамин (ГОСТ 2697), толь, $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$	0,001

Из экспериментальных исследований можно сделать вывод, что величина коэффициента паропроницаемости жидкой керамической теплоизоляции

«Корунд-Классик» близка по значению к рубероиду, пергамину и толи — материалам, используемых в качестве гидроизоляционных покрытий.

Исходя из полученного значения коэффициента паропроницаемости жидкой керамической теплоизоляции «Корунд-Классик», равного $\mu = 0,0024 \text{ мг}/(\text{Па} \times \text{ч} \times \text{м})$, можно сделать следующие рекомендации по его применению:

1) жидкий керамический теплоизолятор «Корунд-Классик», имея низкий коэффициент паропроницаемости, может быть рекомендован в качестве дополнительной теплоизоляции в совмещенных кровлях;

2) консистенция и способ нанесения позволяют не только покрывать плиту покрытия при строительстве совмещенного покрытия, но и использовать материал при реконструкции кровель, покрывая верхний гидроизоляционный слой, который образует сплошной гидроизоляционный ковер без стыков и накладок, с низким коэффициентом поглощения солнечной энергии;

3) при покрытии труб холодного водоснабжения образуется пленкообразующее покрытие, препятствующее образованию конденсата на поверхности трубы, при этом наличие в составе антикоррозионных добавок препятствует образованию коррозии металла;

4) ввиду малого значения коэффициента паропроницаемости, жидкую керамическую теплоизоляцию не рекомендуется применять для утепления фасадов во избежание накопления влаги в ограждающей конструкции под слоем данного покрытия, препятствующем диффузии пара;

5) рекомендуется применять для теплоизоляции трубопроводов при отсутствии интенсивного конвективного теплообмена, например, закрытых теплотрасс, помещений котельных и т. п.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 25898—83. Методы определения сопротивления паропроницанию. М., 1983.
2. СП 23-101—2004. Проектирование тепловой защиты здания. М., 2004.
1. GOST 25898—83. Metody opredeleniya soprotivleniya paropronitsaniyu. M., 1983.
2. SP 23-101—2004. Proektirovaniye teplovoi zashchity zdaniya. M., 2004.

© Жуков А. Н., Перехоженцев А. Г., 2012

Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Жуков А. Н., Перехоженцев А. Г. Экспериментальное определение коэффициента паропроницаемости жидкого керамического утеплителя типа «Корунд-Классик» // Вестник Волгogr. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 144—147.

УДК 699.86

С. В. Корниенко

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА В КРАЕВЫХ ЗОНАХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ТЕПЛОЗАЩИТУ ЗДАНИЙ

Разработана методика оценки влияния температурно-влажностного режима в краевых зонах ограждающих конструкций на теплозащиту зданий. Показано, что учет краевых зон существенно снижает теплозащитные свойства оболочки здания.

К л ю ч е в ы е с л о в а: теплозащита зданий, температурно-влажностный режим, сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций.

The estimation technique of temperature-humidity conditions influence in edge zones of enclosing structures on the heat shielding of buildings is devised. It is shown that the account of edge zones essentially is reduced thermal characteristic of building envelopes.

К e y w o r d s: heat shielding of buildings, temperature-humidity condition, heat transfer resistance of enclosing structures.

Проблеме повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций на основе анализа температурно-влажностного режима посвящены работы В. Н. Богословского, А. В. Лыкова, А. У. Франчука, С. В. Александровского, К. Ф. Фокина, В. М. Ильинского, В. Г. Гагарина, А. И. Ананьева, А. Г. Перехоженцева, Т.А. Дацюк и других ученых.

Широкие исследования влияния влажности на теплофизические свойства различных строительных материалов были начаты А. У. Франчуком. По результатам этих исследований были составлены соответствующие таблицы теплотехнических характеристик строительных материалов [1]. В последующем они были доработаны и в уточненном виде приведены в действующих строительных нормах [2, 3]. В них даны некоторые постоянные средние значения теплофизических характеристик для различных условий эксплуатации ограждающих конструкций в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности территории России.

Метод, приведенный в СНиП, позволяет учесть комплексное воздействие влажностного режима помещений и наружного климата на эксплуатационное влажностное состояние ограждающих конструкций. Поскольку в строительных нормах указаны теплофизические характеристики материалов, то этот метод применим только для однослойных конструкций. При этом никак не учитывается место расположения теплоизоляционного слоя в многослойной конструкции.

Методика расчета теплофизических характеристик многослойных ограждающих конструкций, в зависимости от влажностного состояния, разработана В. Н. Богословским на основе теории потенциала влажности [4]. Методика заключается в следующем. По зоне влажности пункта строительства определяют относительный потенциал влажности и среднегодовую температуру, по которым находят потенциал влажности наружного климата. По назначению помещения определяют относительный потенциал влажности, температуру и потенциал влажности внутреннего воздуха. Вычисляют температуру и потенциал влажности слоя в многослойной ограждающей конструкции и относительный потенциал влажности слоя. По относительному потенциалу влажности слоя определяют условия эксплуатации ограждающей конструкции, по которым

принимают расчетное значение коэффициента теплопроводности, используемое для оценки теплозащитных свойств ограждения.

Достоинством указанной методики является то, что она позволяет расширить границы применимости метода СНиП [2, 3] и определить теплофизические свойства материалов с учетом расположения слоя в многослойной конструкции. Однако отсутствие теплофизических характеристик для широкого круга материалов в шкале потенциала влажности [4] сдерживает применение данной методики в проектной практике.

Вышеуказанные методы основаны на поэлементной оценке теплозащитных свойств зданий.

В. Г. Гагарин разработал методику учета влияния влажности материалов ограждающих конструкций на расчетное удельное теплотребление зданий [5]. Эта методика рассмотрена на примере зданий серии 600.11 со стенами из газобетонных панелей в г. Санкт-Петербурге. Необходимые для расчета влажностного режима и теплозащиты стен теплотехнические характеристики материала были получены экспериментально. Расчеты влажностного режима стен проведены по компьютерной программе, соответствующей модели одномерного нестационарного влагопереноса с уравнением, учитывающим диффузию водяного пара в порах материала и теплопроводность материала [5]. Расчет удельного теплотребления проводился по методике МГСН 2.01—99 «Энергосбережение в зданиях». Значения сопротивлений теплопередаче всех ограждающих конструкций здания, кроме стен, были приняты равными требуемым по условиям второго этапа энергосбережения по СНиП II-3—79*. Зависимость сопротивлений теплопередаче стен от влажности газобетона учитывалась при расчетах приведенного трансмиссионного коэффициента теплопередачи секций здания.

Зависимость удельного годового расхода тепловой энергии на отопление здания от влажности газобетона стен представлена в виде формулы [5]:

$$q_h^{des} = q_{h0}^{des} + \Delta q_h^{des} w_{des},$$

где q_h^{des} — расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания за год; q_{h0}^{des} — расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания за год при нулевой влажности газобетона стен; Δq_h^{des} — приращение удельного расхода тепловой энергии на отопление здания за год на 1 % влажности; w_{des} — расчетная влажность материала.

Полученные данные позволили определить предельные значения влажности газобетона стен, при которых будут удовлетворяться требования по энергосбережению [5]:

$$w_{des} \leq \frac{q_h^{des} - q_{h0}^{des}}{\Delta q_h^{des}}.$$

Методика позволяет решать практические задачи, связанные с учетом влияния влажности материалов ограждающих конструкций на теплотери здания, и расход тепловой энергии на его отопление.

В монографии [6] рассматривается влияние влажности теплоизоляционного материала в многослойной конструкции на удельную тепловую характе-

ристику здания, которая является количественной характеристикой теплозащиты здания и определяет трансмиссионные теплопотери:

$$q_{sh}(w) = q_{sh}(w_0) + k_e \left(\frac{A_i}{A_e} \right) \frac{1}{(R_{hi})^2} \frac{\delta}{\lambda} \Delta\lambda (w - w_0),$$

где $q_{sh}(w)$, $q_{sh}(w_0)$ — соответственно удельная тепловая характеристика здания при влажности теплоизоляционного материала w и w_0 ; k_e — коэффициент компактности здания; A_i — площадь i -й ограждающей конструкции здания; A_e — суммарная площадь всех ограждающих конструкций оболочки здания; R_{hi} — сопротивление теплопередаче i -й ограждающей конструкции; δ — толщина слоя теплоизоляционного материала в i -й ограждающей конструкции; λ — коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала в i -й ограждающей конструкции при влажности w_0 ; $\Delta\lambda$ — приращение коэффициента теплопроводности материала на 1 % влажности.

Вышеприведенные методы не учитывают влияние температурно-влажностного режима в краевых зонах ограждающих конструкций на теплозащиту здания. Под краевыми зонами мы понимаем локально неоднородные по геометрическим или теплофизическим характеристикам участки ограждающей конструкции (углы наружных стен, оконные откосы, конструктивные связи, сопряжения внутренних и наружных конструкций). Локализация влаги на этих участках выше допустимых значений приводит к ухудшению влажностного режима, снижая теплозащиту и срок эксплуатации всего здания.

Нами разработан метод расчета температурно-влажностного режима в трехмерных областях ограждающих конструкций зданий [7] на основе физико-математической модели совместного нестационарного тепловлагоденноса, описываемой системой дифференциальных уравнений в частных производных и краевыми условиями. Указанная модель основана на теории потенциала влажности В. Н. Богословского [4] с применением шкалы абсолютного потенциала влажности. Использование шкалы абсолютного потенциала влажности [8] позволяет существенно упростить модель тепловлагоденноса. Разработанная физико-математическая модель реализована в компьютерной программе [9], которая позволяет производить расчет трехмерных нестационарных температурных и влажностных полей в краевых зонах ограждающих конструкций в широком диапазоне влажности и температуры при сложных граничных условиях. Указанный метод позволяет учесть влияние краевых зон на теплозащитные свойства ограждений.

Разработана методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с учетом краевых зон на основе температурно-влажностного режима [10].

Для ограждающей конструкции приведенное сопротивление теплопередаче R_h^{des} определяется по формуле

$$R_h^{des} = \frac{(t_{int} - t_{ext})A}{Q_h^{des}}, \quad (1)$$

где t_{int} , t_{ext} — соответственно температура внутреннего и наружного воздуха; A — площадь внутренней поверхности ограждающей конструкции; Q_h^{des} — тепловой поток, проходящий через ограждающую конструкцию.

Тепловой поток Q_h^{des} складывается из основного по глади конструкции и добавочного через все краевые зоны:

$$Q_h^{des} = Q_h^{con} + \sum_{i=1}^l (Q_{hi}^{des} - Q_{hi}^{con}), \quad (2)$$

где Q_h^{con} — основной тепловой поток, определяемый по формуле

$$Q_h^{con} = \frac{(t_{int} - t_{ext})A}{R_h^{con}}, \quad (3)$$

где R_h^{con} — сопротивление теплопередаче по глади ограждающей конструкции; l — число краевых зон; Q_{hi}^{des} — тепловой поток через i -ю краевую зону; Q_{hi}^{con} — тепловой поток, проходящий по глади i -й краевой зоны.

Тепловой поток Q_{hi}^{con} определяется по формуле (3) с заменой в ней площади A на площадь A_i^{ez} зоны влияния i -й краевой зоны. Под зоной влияния краевой зоны понимается область локального нарушения однородности температурного поля конструкции, вызванного этой краевой зоной. Тепловой поток Q_{hi}^{des} и площадь зоны влияния A_i^{ez} для i -й краевой зоны определяются на основе расчета температурно-влажностного режима по температурному полю [10].

Для определения теплового потока Q_{hi}^{des} зона влияния разбивается на термически однородные области. Тепловой поток Q_{hi}^{des} определяется по формуле

$$Q_{hi}^{des} = \sum_{j=1}^{m_i} Q_{hij}^{des}, \quad (4)$$

где m_i — число термически однородных областей i -й краевой зоны; Q_{hij}^{des} — тепловой поток, проходящий через j -ю термически однородную область i -й краевой зоны, определяемый по формуле

$$Q_{hij}^{des} = \alpha_{hi}^{si} A_{ij}^{ez} (t_{int} - t_{ij}^{si}), \quad (5)$$

где α_{hi}^{si} — коэффициент теплообмена у внутренней поверхности i -й краевой зоны; A_{ij}^{ez} , t_{ij}^{si} — соответственно площадь и средняя температура j -й термически однородной области i -й краевой зоны.

Определим коэффициент влияния k_i^{ez} для i -й краевой зоны по формуле

$$k_i^{ez} = \frac{Q_{hi}^{des} - Q_{hi}^{con}}{Q_{hi}^{con}}. \quad (6)$$

Коэффициент влияния k_i^{ez} , определяемый формулой (6), характеризует добавочный тепловой поток через i -ю краевую зону конструкции, отнесенный к тепловому потоку по глади в пределах площади зоны влияния краевой зоны.

С учетом (2), (3) и (6) получим формулу для расчета общего теплового потока через ограждение:

$$Q_h^{des} = \frac{(t_{int} - t_{ext})A}{R_h^{con}} \left[1 + \frac{1}{A} \sum_{i=1}^l k_i^{ez} A_i^{ez} \right]. \quad (7)$$

Подставляя (7) в (1), получим формулу для определения приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции:

$$R_h^{des} = \frac{R_h^{con}}{1 + \frac{1}{A} \sum_{i=1}^l k_i^{ez} A_i^{ez}}. \quad (8)$$

Оценка теплозащитных свойств ограждающих конструкций производится путем сравнения приведенного сопротивления теплопередаче, определяемого по формуле (8), с нормируемым (требуемым) значением.

Разработанная методика позволяет оценить влияние краевых зон на теплозащитные свойства ограждающих конструкций.

На основании результатов расчета по данной методике выполнена оценка влияния краевых зон на теплозащитные свойства ограждающих конструкций, широко применяемых в практике строительства [10]. Наличие краевых зон снижает теплозащитные свойства ограждающих конструкций от 3 до 47 %, в зависимости от вида краевой зоны.

Для оболочки здания, состоящей из m ограждающих конструкций ($m \geq 1$), сопротивление теплопередаче R_{he}^{des} определяется по формуле

$$R_{he}^{des} = \frac{A_e^{sum}}{\sum_{i=1}^m \frac{n_i A_i}{R_{hi}^{des}}}, \quad (9)$$

где A_e^{sum} — суммарная площадь внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций; n_i — коэффициент, учитывающий положение ограждения относительно наружного воздуха [2]; A_i — площадь i -й конструкции; R_{hi}^{des} — приведенное сопротивление теплопередаче i -й конструкции.

В качестве примера рассмотрим 17-этажное жилое здание, имеющее квадратную в плане форму с размерами в осях 27,6×27,6 м [10]. Конструктивная схема здания каркасная, с монолитным железобетонным каркасом. Наружные стены трехслойные кирпичные колодцевой кладки с эффективным утеплителем. Окна и балконные двери в виде двухкамерных стеклопакетов в пластиковых переплетах. Покрытие, перекрытия теплого чердака и над техподпольем имеют эффективный утеплитель.

Рассмотрены следующие варианты расчета: 1 — без учета краевых зон (базовый); 2 — с учетом краевых зон.

Расчетные параметры: температура внутреннего воздуха $t_{int} = 20$ °С, температура наружного воздуха $t_{ext} = -25$ °С.

Разобьем оболочку здания на шесть ограждающих конструкций: наружные стены, окна и балконные двери, входные двери, совмещенное покрытие, перекрытие теплого чердака, перекрытие над техподпольем. Определим приведенное сопротивление теплопередаче указанных ограждающих конструкций.

В качестве характерного многократно повторяющегося фрагмента здания выделим типовой этаж и определим приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен в пределах выделенного фрагмента. Проектное значение сопротивления теплопередаче по глади наружной стены $R_{h1}^{con} = 4,06$ м²·°С/Вт.

Для расчета с учетом краевых зон в наружной стене выделим следующие краевые зоны: углы наружных стен, сопряжения наружных стен с внутренними, сопряжения наружных стен с междуэтажными перекрытиями, оконные откосы, теплопроводные включения (ребра жесткости колодцевой кладки). Коэффициенты влияния и площади зоны влияния для указанных краевых зон наружной стены определены на основе расчета температурно-влажностного режима по температурному полю и приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Коэффициенты влияния и площади зоны влияния для краевых зон наружной стены

Краевая зона	Коэффициент влияния	Площадь зоны влияния, м ²	
		единичного включения	всего выделенного фрагмента
Угол наружных стен	0,309	1,43	17,2
Сопряжение наружных стен с внутренними стенами	0,336	1,43	40
Сопряжение наружных стен с междуэтажным перекрытием	0,42	0,51	112
Оконный откос	0,196	4,18	130
Теплопроводные включения	0,336	3,19	389

По проекту площадь наружных стен $A_1 = 253 \text{ м}^2$. На основе указанных данных по формуле (8) определим приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены с учетом краевых зон $R_{h1}^{des} = 2,16 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$. Аналогично рассчитаны значения приведенного сопротивления теплопередаче других ограждающих конструкций оболочки здания. Результаты расчета приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций оболочки здания

Ограждающая конструкция	Площадь, м ²	Сопротивление теплопередаче, м ² ·°C/Вт	
		по базовому варианту	с учетом краевых зон
Наружные стены	4494	4,06	2,16
Окна, балконные двери	1576	0,68	0,59
Входные двери	55	0,78	0,78
Покрытие совмещенное	412	4,22	3,38
Перекрытие теплого чердака	381	3,68	2,94
Перекрытие над техподпольем	793	3,68	2,94

По формуле (9) на основе данных табл. 2 определим сопротивление теплопередаче оболочки здания: по базовому варианту — $1,97 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$; с учетом краевых зон — $1,44 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

Таким образом, учет краевых зон в ограждающих конструкциях снижает теплозащитные свойства оболочки рассмотренного здания на 26,9 %.

Совершенствование краевых зон ограждающих конструкций с учетом температурно-влажностного режима позволяет повысить теплозащиту здания и его энергоэффективность [10].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Франчук А. У. Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов. М. : Стройиздат, 1949. 120 с.
2. СНиП 23-02—2003. Тепловая защита зданий. М. : ФГУП ЦПП, 2004.
3. СП 23-101—2004. Проектирование тепловой защиты зданий. М. : ФГУП ЦПП, 2004.
4. Богословский В. Н. Тепловой режим здания. М. : Стройиздат, 1979. 248 с.
5. Гагарин В. Г. Теория состояния и переноса влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий : автореф. дисс... д-ра техн. наук. М., 2000. 48 с.
6. Теория здания. Т. 1. Здание — оболочка / С. Н. Булгаков, В. М. Бондаренко, Ю. Я. Кувшинов, А. М. Курзанов и др. М. : АСВ, 2007. 280 с.
7. Корниенко С. В. Решение трехмерной задачи совместного нестационарного тепло- и влагопереноса для ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы. 2007. № 10. С. 54—55.
8. Корниенко С. В. Потенциал влажности для определения влажностного состояния материалов наружных ограждений в неизотермических условиях // Строительные материалы. 2006. № 4. С. 88—89.
9. Корниенко С. В. Совместный влаготеплоперенос (COBT) / Свидетельство № 2011611175 о госрегистрации программы для ЭВМ. М. : ФИПС, 2011.
10. Корниенко С. В. Повышение энергоэффективности зданий за счет снижения теплопотерь в краевых зонах ограждающих конструкций. Волгоград : ВолгГАСУ, 2011. 108 с.
1. Franchuk A. U. Tablitsy teplotekhnicheskikh pokazatelei stroitelnykh materialov. M. : Stroyizdat, 1949. 120 s.
2. SNiP 23-02—2003. Teplovaya zashchita zdani. M. : FGUP TSPP, 2004.
3. SP 23-101—2004. Proektirovanie teplovoi zashchity zdani. M. : FGUP TSPP, 2004.
4. Bogoslovski V. N. Teplovoi rezhim zdaniya. M. : Stroyizdat, 1979. 248 s.
5. Gagarin V. G. Teoriya sostoyaniya i perenosa vlagi v stroitelnykh materialakh i teplozashchitnye svoystva ograzhdayushchikh konstruktsii zdani : avtoref. diss... d-ra tekhn. nauk. M., 2000. 48 s.
6. Teoriya zdaniya. T. 1. Zdanie — obolochka / S. N. Bulgakov, V. M. Bondarenko, Yu. Ya. Kuvshinov, A. M. Kurzanov i dr. M. : ASV, 2007. 280 s.
7. Kornienko S. V. Reshenie tryokhmernoï zadachi sovmestnogo nestatsionarnogo teplo- i vlagoperenosa dlya ograzhdayushchikh konstruktsii zdani // Stroitelnye materialy. 2007. № 10. S. 54—55.
8. Kornienko S. V. Potentsial vlazhnosti dlya opredeleniya vlazhnostnogo sostoyaniya materialov naruzhnykh ograzhdeni v neizotermicheskikh usloviyakh // Stroitelnye materialy. 2006. № 4. S. 88—89.
9. Kornienko S. V. Sovmestny vlagoteploperenos (SOVT) / Svidetelstvo № 2011611175 o gosregistratsii programmy dlya EVM. M. : FIPS, 2011.
10. Kornienko S. V. Povyshenie energoeffektivnosti zdanyi za schyot snizheniya teplopoter v kraevykh zonakh ograzhdayushchikh konstruktsii. Volgograd: VolgGASU, 2011. 108 s.

© Корниенко С. В., 2012

Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Корниенко С. В. Оценка влияния температурно-влажностного режима в краевых зонах ограждающих конструкций на теплозащиту зданий // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 148—154.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 69 П922

В. И. Беспалов, В. Н. Сысоев

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО БОРЬБЕ С ВИБРАЦИЕЙ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ФОРМОВОЧНЫХ ЦЕХОВ ЗАВОДОВ ЖБК

Рассматривается актуальная проблема выбора и математического описания результирующих параметров оценки средств снижения производственной вибрации в условиях эксплуатации формовочных цехов заводов ЖБК; вводится понятие вибрационной эффективности, а также понятие энергетической эффективности дополнительно для обеспечения поликритериальности процедуры выбора. Представлено математическое описание предложенных видов эффективности процесса подавления вибрации.

К л ю ч е в ы е с л о в а: заводы ЖБК, формовочные цехи, подавление вибрации, вибрационная эффективность, энергетическая эффективность.

The actual problem of choice and mathematical description of resulting parameters estimation of lower means of production vibration is considered under service conditions of molding shops in concrete component factories. The concept of vibration efficiency and energy efficiencies in addition is introduced to the providing of all criteria of the selection procedure. The mathematical description of proposed types of effectiveness of vibration reduction is presented.

К e y w o r d s: concrete component factories, molding shops, vibration destruction, vibrating efficiency, energy efficiency.

Математическое описание вибрационных эффектов при уплотнении бетонной смеси на оборудовании формовочных цехов заводов ЖБК позволяет параметрически оценить производственно-технологическое оборудование как источник вибрации с учетом влияния на колебательный процесс бетонной смеси с различными свойствами [1, 2]. Зная характеристики источника вибрации, можно выполнить оценку вибрационной обстановки в рабочей зоне виброплощадок через параметры основания, фундамента и покрытия помещения. В свою очередь, такая оценка позволит осуществить выбор наиболее эффективных средств и способов снижения вибрации в рабочей зоне до нормативных значений уровня виброскорости.

Однако в настоящее время в качестве эффективности снижения вибрации в рабочей зоне фактически используют снижение уровня виброскорости $\Delta V(t)$. Считаем это не совсем верным, так как на самом деле сущность понятия «эффективность» заключается в степени снижения значения какого-либо параметра процесса относительно его исходного (начального) значения. В качестве примера тождественности понятия эффективности можно привести эффективность пылеподавления (борьбы с пылью), которая характеризует степень сни-

жения концентрации пыли в воздухе рабочей зоны за счет применения средств обеспыливания по отношению к начальному значению концентрации. При этом эффективность снижения рассматриваемого параметра является величиной безразмерной и выражается в долях, либо в процентах.

Учитывая сказанное выше, по аналогии с процессом обеспыливания воздуха предлагаем для оценки эффекта снижения вибрации ввести понятие вибрационной эффективности, которая является результатом реализации процесса подавления вибрации, характеризует степень снижения вибрации в рабочей зоне за счет применения защитных средств по отношению к его начальному значению в этой зоне и определяется по формуле [3]

$$E_{\text{эф}V}^B = \frac{L_n - L_k}{L_n} 100\%, \quad (1)$$

где L_n — начальный уровень виброскорости на соответствующей частоте в рабочей зоне без применения виброизолирующих и вибропоглощающих средств, дБ; L_k — конечный уровень виброскорости на той же частоте в рабочей зоне с учетом реализации процесса подавления вибрации, дБ.

В качестве начального значения целесообразно использовать измеренный уровень виброскорости в рабочей зоне до применения виброизолирующих или виброгасящих средств. Конечный уровень виброскорости — уровень, сложившийся в рабочей зоне в результате применения защитных средств.

В настоящее время при всем многообразии средств подавления вибрации возникает необходимость их объективного сравнения между собой и выбора не только наиболее эффективного, но и экономичного. Для решения задачи выбора рационального в конкретных производственно-технологических условиях способа подавления вибрации необходимо получить возможность сравнительной оценки таких способов.

Используя упомянутое математическое описание вибрационных эффектов в уравнении (1), получим:

$$E_{\text{эф}V}^B = \frac{\left(10\lg \frac{V_{y1}}{5 \cdot 10^8} - 10\lg \frac{V_{y2}}{5 \cdot 10^8}\right)(1 - \eta)}{20\lg \frac{V_{y1}}{5 \cdot 10^8}} 100\%, \quad (2)$$

где η — коэффициент механических потерь, определяемый по формуле

$$\eta = \eta_n \frac{\alpha\beta(\alpha^2 + 12\gamma^2)}{1 + \alpha\beta(\alpha^2 + 12\gamma^2)}, \quad (3)$$

где $\alpha = h_n/h_{\text{пл}}$ — отношение толщины виброзащитного препятствия h_n к толщине демпфируемой пластины $h_{\text{пл}}$; $\beta = E_n/E_{\text{пл}}$ — отношение модуля Юнга виброзащитного препятствия к модулю Юнга пластины; $\gamma = h_n/h_n = (1 + \alpha)/2$; h_n — расстояние между нейтральными плоскостями пластины и слоем виброзащитного препятствия; η_n — коэффициент поглощения материала виброзащитного препятствия.

Первый член в скобках в числителе определяет поглощение энергии в пластине за счет ее изгиба, второй — за счет растяжения.

Модуль Юнга описывается следующим выражением:

$$E = c^2 \rho, \quad (4)$$

где c — скорость распространения вибрации в материале основания (фундамента) на пути между источником вибрации и рабочей зоной, м/с; ρ — плотность материала основания (фундамента), кг/м³.

После проведения несложных математических преобразований формула (2) примет следующий вид:

$$E_{\text{эф}V}^B = \frac{\lg \frac{V_{y1}}{V_{y2}}}{\lg(V_{y1} \cdot 5 \cdot 10^{-8})} (1 - \eta) 100\%, \quad (5)$$

Формула (5) представляет собой параметрическую зависимость вибрационной эффективности виброзащитных мероприятий от физических свойств виброзащитного материала и твердой среды основания (фундамента), размеров виброзащитного препятствия, геометрических характеристик производственного помещения с учетом относительного расположения формовочного оборудования и рабочей зоны, а также вибрационных свойств источника вибрации и вибрационной обстановки в рабочей зоне как объекте воздействия вибрации.

Формула (5) может быть использована для оценки эффективности и выбора оптимальных (по эффективности) мероприятий по борьбе с вибрацией без предварительной постановки экспериментальных исследований. Для обоснования этого положения предварительно нами были выполнены расчеты на основе формулы (5) в широком диапазоне значений переменных параметров, входящих в нее.

Попытки многих авторов осуществления выбора оптимального варианта мероприятий по борьбе с вибрацией на основе экономических показателей до сих пор не приводили к достижению намеченной цели, так как предполагали предварительное проектирование рассматриваемых вариантов виброзащиты, значительно увеличивая трудозатраты на процедуру выбора и, следовательно, дополнительные финансовые затраты.

Для обеспечения поликритериальности процедуры выбора дополнительно к вибрационной эффективности предлагаем ввести критерий, который будет позволять более объективно осуществлять выбор оптимального средства подавления вибрации. Полагаем, что в данном случае наиболее объективной, целесообразной и вполне приемлемой может являться оценка способов подавления вибрации по энергетическим параметрам процесса снижения уровня виброскорости.

Для такой оценки по аналогии с процессом пылеподавления нами разработан обобщенный критерий, который целесообразно назвать энергетической эффективностью процесса подавления вибрации. По аналогии с коэффициен-

том полезного действия (КПД) энергетическая эффективность процесса подавления вибрации может быть определена по формуле [3]:

$$E^3 = \frac{\sum_{j=1}^n W_j}{\sum_{j=1}^n N_j} 100 \%, \quad (6)$$

где j — способ подавления вибрации; W_j — вибрационная энергия, отраженная и (или) поглощенная соответствующим способом подавления вибрации («полезная» энергия); N_j — вибрационная энергия, излучаемая источником вибрации («затраченная» энергия).

Таким образом, энергетическая эффективность процесса подавления вибрации характеризует долю энергии, поглощенной и отраженной виброзащитным средством, от энергии прямой (исходной) вибрационной волны. Для математического описания энергетической эффективности, представленной в общем виде формулой (6), и получения соответствующей параметрической зависимости нами детально рассмотрены энергетические особенности образования, распространения, отражения, прохождения и поглощения вибрационных волн.

Для более удобного описания энергетических особенностей процесса подавления вибрации вместо вибрационной энергии будем рассматривать ее плотность, Вт/м². Энергетический баланс вибрационной волны будет иметь вид:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3, \quad (7)$$

где ε — исходная суммарная удельная энергия прямой вибрационной волны, Вт/м²; ε_1 — удельная энергия, отраженная поверхностью материала виброзащитного средства, Вт/м²; ε_2 — удельная энергия, поглощенная материалом виброзащитного средства, Вт/м²; ε_3 — удельная энергия, прошедшая через виброзащитное средство, Вт/м².

С учетом энергетического баланса (7) и того, что ε_1 и ε_2 будут являться полезными видами энергии, а ε_3 — затраченной, формула (7) примет вид:

$$E_{\text{эф}V}^3 = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{\varepsilon} 100 = \frac{\varepsilon - \varepsilon_3}{\varepsilon} 100 = \left(1 - \frac{\varepsilon_3}{\varepsilon}\right) 100, \%. \quad (8)$$

$$\text{Так как } \alpha = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon}, \text{ то } \varepsilon_2 = \frac{\varepsilon}{\alpha} = \frac{\varepsilon_0 \exp\left(-\frac{\alpha'S + 4\mu V}{4V}r\right)}{\alpha}, \text{ Вт/м}^2. \quad (9)$$

С учетом выражений (9) формула (8) примет вид:

$$E_{\text{эф}}^3 = \frac{\left(\frac{\alpha(1-\alpha)cA}{\exp\left(-\frac{\alpha'S + 4\mu V}{4V}r\right)} + 1\right) \cdot E_{\text{эф}V}^V}{c\alpha A} 100 \%. \quad (10)$$

На основе проведения несложных математических преобразований формула (11) может быть приведена к следующему виду:

$$E_{\text{эф}}^3 = \frac{\left(\frac{\alpha^2 (1-\alpha) chb}{\exp\left(\frac{\ln(1-\alpha)hb \cdot 52,5 f \eta}{c\rho r}\right)} + 1 \right) E_{\text{эф}V}^V}{c\alpha^2 hb} - 100 \%, \quad (11)$$

где h — толщина материала виброзащитного средства в направлении, нормальном к направлению распространения вибрационной волны, м.

Предлагаемый критерий энергетической эффективности процесса подавления вибрации позволяет оценить насколько эффективно используется энергетическая активность материала виброзащитного средства с точки зрения его способности отражать и поглощать вибрационную энергию. Критерий энергетической эффективности подавления вибрации позволяет оценить также использование комплекса нескольких способов (конструкций), применяемых в одной системе виброзащиты.

Формула (12) представляет собой параметрическую зависимость энергетической эффективности виброзащитного средства от физических свойств его материала и твердой среды, размеров виброзащитного средства, геометрических характеристик производственного помещения, вибрационных свойств источника вибрации и пространственных особенностей рабочей зоны как объекта воздействия вибрации.

Таким образом, энергетическая эффективность вполне может быть использована в качестве второго оценочного критерия средств подавления вибрации, физическая сущность и математическое описание которой рассмотрены выше.

Анализ результатов проведенных нами теоретических расчетов относительной вибрационной эффективности и энергетической эффективности применения различных средств подавления вибрации по формулам (5) и (12) позволяет сделать вывод: во-первых, оба эти критерия вполне могут быть использованы в качестве результирующих характеристик рассматриваемого процесса; во-вторых, каждый из предложенных видов эффективности имеет четкий физический смысл и соответствующую сущность, в-третьих, характер изменения зависимостей вибрационной и энергетической эффективности подтверждает ранее рассмотренные теоретические предположения других авторов относительно условий образования, излучения, распространения, отражения и поглощения вибрационных волн.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крендалл И. Б. Акустика. Изд 4-е, пер. с англ. Либроком, 2009. 168 с.
2. Иванов Н. И., Никифоров А. С. Основы виброакустики. СПб. : Политехника, 2000. 482 с.
3. Беспалов В. И., Сысоев В. Н. Совершенствование параметров оценки мероприятий по снижению вибрации в рабочих зонах заводов ЖБК // Материалы международной науч.-практ. конф. «Строительство 2011». Ростов н/Д : РГСУ, 2011. С. 65—68.

1. *Krendall I. B.* Akustika. Izd. 4, per. s angl. Izd-vo : Librokom, 2009. 168 s.
2. *Ivanov N. I., Nikiforov A. S.* Osnovy vibroakustiki. SPb. : Politehnika, 2000. 482 s.
3. *Bespalov V. I., Sysoev V. N.* Sovershenstvovanie parametrov otsenki meropriyati po snizheniyu vibratsii v rabochikh zonakh zavodov ZhBK // Materialy mezhdunarodnoi nauch.-prakt. konf. «Stroitelstvo 2011». Rostov n/D : RGSU, 2011. S. 65—68.

© *Беспалов В. И., Сысоев В. Н., 2012*

*Поступила в редакцию
в ноябре 2011 г.*

Ссылка для цитирования:

Беспалов В. И., Сысоев В. Н. Оценка эффективности и экономичности мероприятий по борьбе с вибрацией в рабочей зоне формовочных цехов заводов ЖБК // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 155—160.

УДК 69 П922

В. И. Беспалов, В. Н. Сысоев

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССА ПОДАВЛЕНИЯ ВИБРАЦИИ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ФОРМОВОЧНЫХ ЦЕХОВ ЗАВОДОВ ЖБК

Анализируются полученные нами результаты теоретических расчетов предложенных относительной вибрационной и энергетической эффективностей применения различных средств подавления вибрации в рабочих зонах формовочных цехов заводов ЖБК. Установлено, что характер изменения зависимостей вибрационной и энергетической эффективностей подтверждает ранее рассмотренные теоретические предположения других ученых относительно условий образования, излучения, распространения, отражения и поглощения вибрационных волн, а также возможность использования предложенных нами критериев на практике для санитарно-гигиенической и энергетической оценки процесса и средств подавления вибрации.

К л ю ч е в ы е с л о в а: заводы ЖБК, формовочные цехи, расчеты вибрационной и энергетической эффективности, средства подавления вибрации.

Results of theoretical calculations of proposed relative vibration and energy efficiencies of application of various lower means of vibration in working zones of molding shops in concrete component factories are analyzed. The dependence of vibration and energy efficiencies is supported previously considered theoretical hypothesis of other scientists about conditions of formation, research, distribution, image and absorption of vibration waves, and availability of offered criterions in practice for sanitary-hygienic and energy estimations of process and agency of vibration destruction.

К e y w o r d s: concrete component factories, molding shops, calculations of vibration and energy efficiency, agency of vibration destruction.

По аналогии с процессом обеспыливания воздуха для оценки санитарно-гигиенического эффекта снижения вибрации нами предложено ввести понятие вибрационной эффективности, которая является результатом реализации процесса подавления вибрации и характеризует степень снижения вибрации в рабочей зоне за счет применения защитных средств по отношению к его начальному значению в этой зоне [1]. В качестве начального значения целесообразно использовать измеренный уровень виброскорости в рабочей зоне до применения виброизолирующих или виброгасящих средств. Конечный уровень виброскорости — уровень, сложившийся в рабочей зоне в результате применения защитных средств.

Нами получена параметрическая зависимость вибрационной (санитарно-гигиенической) эффективности виброзащитных мероприятий от физических свойств виброзащитного материала и твердой среды основания (фундамента), размеров виброзащитного препятствия, геометрических характеристик производственного помещения с учетом относительного расположения формовочного оборудования и рабочей зоны, а также вибрационных свойств источника вибрации и вибрационной обстановки в рабочей зоне как объекте воздействия вибрации [2].

Однако в настоящее время при всем многообразии средств подавления вибрации возникает необходимость их объективного сравнения между собой и выбора не только наиболее эффективного, но и экономичного. Для решения задачи выбора рационального для конкретных производственно-технологических условий способа подавления вибрации необходимо получить возможность сравнительной оценки таких способов.

В настоящее время попытки многих ученых осуществления такого выбора на основе экономических показателей зачастую не приводят к достижению намеченной цели, так как предполагают предварительное проектирование рассматриваемых вариантов виброзащиты, что значительно увеличивает трудозатраты на процедуру выбора и, следовательно, предполагает дополнительные финансовые затраты.

Именно поэтому дополнительно к вибрационной эффективности предлагаем ввести критерий, который будет позволять более объективно осуществлять выбор оптимального средства подавления вибрации [3].

Полагаем, что в данном случае объективной, целесообразной и вполне приемлемой может являться оценка способов подавления вибрации по энергетическим параметрам процесса снижения уровня виброскорости.

Для такой оценки по аналогии с процессом пылеподавления нами предложен обобщенный критерий, который целесообразно назвать энергетической эффективностью процесса подавления вибрации. Предлагаемый критерий позволяет оценить, насколько эффективно используется энергетическая активность материала виброзащитного средства с точки зрения его способности отражать и поглощать вибрационную энергию. Критерий энергетической эффективности подавления вибрации позволяет оценить также использование комплекса нескольких способов (конструкций), применяемых в одной системе виброзащиты.

Нами также получена параметрическая зависимость энергетической эффективности виброзащитного средства от физических свойств его материала и твердой среды, размеров виброзащитного средства, геометрических характеристик производственного помещения, вибрационных свойств источника вибрации и пространственных особенностей рабочей зоны как объекта воздействия вибрации.

Таким образом, энергетическая эффективность вполне может быть использована в качестве второго оценочного критерия для поликритериальной оценки и прогноза эффективности мероприятий по борьбе с вибрацией без предварительной постановки экспериментальных исследований.

Для обоснования этого положения нами были выполнены расчеты на основе параметрических зависимостей вибрационной эффективности и энергетической эффективности в широком диапазоне значений переменных параметров, входящих в них. С целью обеспечения возможности таких расчетов нами разработаны алгоритм и соответствующая ему программа «VibroPro-EE» для ЭВМ.

С помощью программы «VibroPro-EE» нами осуществлено математическое моделирование относительной вибрационной эффективности подавляющих вибрацию средств для всего спектра их реально возможных параметров.

На рис. 1, 2 приведены некоторые графические примеры теоретических расчетных значений относительной вибрационной эффективности виброзащитных средств $E1$, а на рис. 3, 4 — значений энергетической эффективности виброзащитных средств $E2$, выполненных из различных материалов, в зависимости от толщины слоя виброзащитного материала h , м, при расстоянии от источника вибрации до рабочей зоны $r = 1$ м при вибрации виброплощадки СМЖ-199 с максимальным значением логарифмического уровня виброскорости 114 дБ. Ось X на соответствующих графиках принята в направлении от источника вибрации к рабочей зоне, что соответствует увеличению всех размеров и расстояний именно в этом направлении.

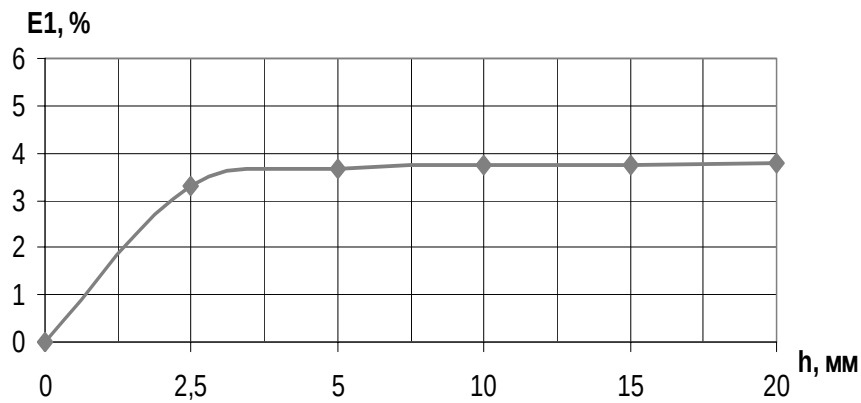


Рис. 1. Теоретическая зависимость относительной вибрационной эффективности виброзащитного средства, выполненного из керамической плитки

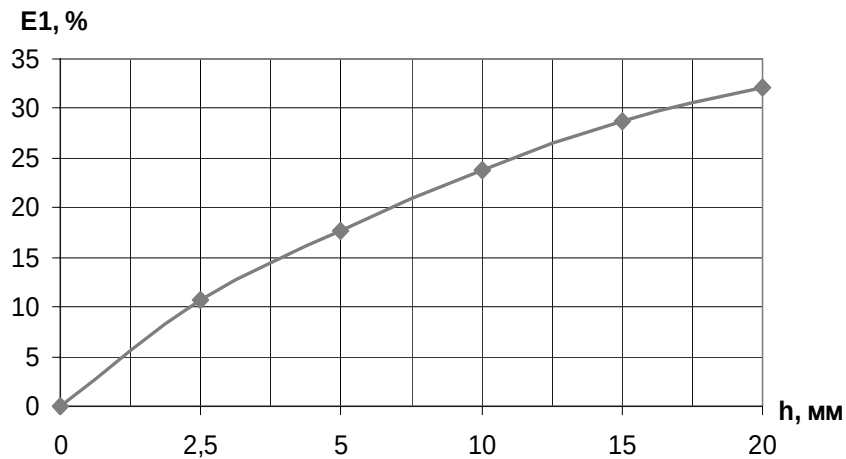


Рис. 2. Теоретическая зависимость относительной вибрационной эффективности виброзащитного средства, выполненного из плотной резины

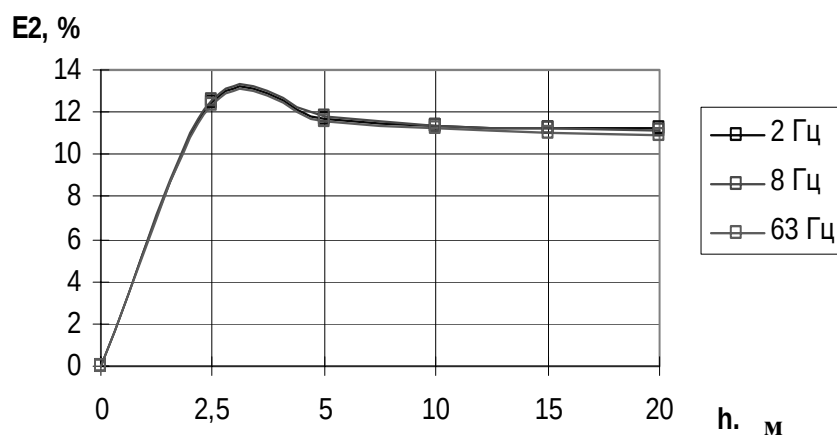


Рис. 3. Теоретическая зависимость энергетической эффективности виброзащитного средства, выполненного из керамической плитки

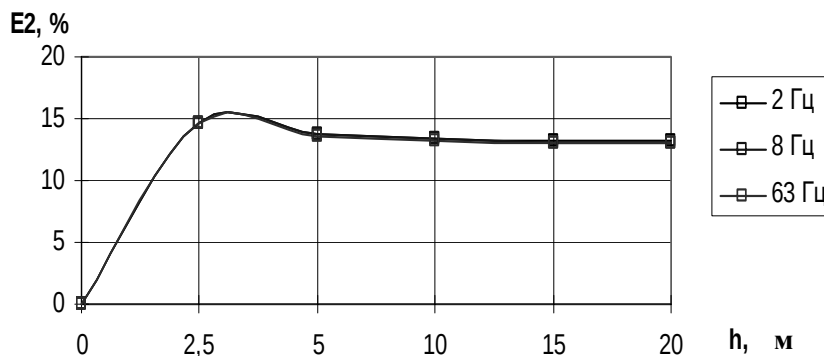


Рис. 4. Теоретическая зависимость энергетической эффективности виброзащитного средства, выполненного из плотной резины

Анализ результатов теоретических расчетов относительной вибрационной эффективности и энергетической эффективности применения различных средств подавления вибрации позволяет заключить, что, характер изменения зависимостей вибрационной и энергетической эффективности подтверждает ранее рассмотренные теоретические предположения других авторов относительно условий образования, излучения, распространения, отражения и поглощения вибрационных волн.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беспалов В. И., Сысоев В. Н. Совершенствование параметров оценки мероприятий по снижению вибрации в рабочих зонах заводов ЖБК // Материалы международной науч.-практ. конф. «Строительство 2011». Ростов н/Д : РГСУ, 2011. С. 94—97.
2. Сысоев В. Н. Методические основы выбора высокоэффективных и экономичных средств подавления вибрации в рабочих зонах предприятий стройиндустрии // Известия РГСУ. Ростов н/Д. 2011 г. № 15. С. 34—37.
3. Беспалов В. И., Сысоев В. Н. Методические основы выбора оптимальных по эффективности и экономичности средств снижения вибрации в рабочих зонах // Материалы международной науч.-практ. конф. «Строительство 2011». Ростов н/Д : РГСУ, 2011. С. 93—94.
1. *Bespalov V. I., Sysoev V. N. Sovershenstvovanie parametrov otsenki meropriyati po snizheniyu vibratsii v rabochikh zonakh zavodov ZhBK // Materialy mezhdunarodnoi nauch.-prakt. konf. «Stroitelstvo 2011». Rostov n/D : RGSU, 2011. S. 94—97.*
2. *Sysoev V. N. Metodicheskie osnovy vybora vysokoeffektivnykh i ekonomichnykh sredstv podavleniya vibratsii v rabochikh zonakh predpriyati stroyindustrii // Izvestiya RGSU. Rostov n/D. 2011. № 15. S. 34—37.*
3. *Bespalov V. I., Sysoev V. N. Metodicheskie osnovy vybora optimalnykh po effektivnosti i ekonomichnosti sredstv snizheniya vibratsii v rabochikh zonakh // Materialy mezhdunarodnoi nauch.-prakt. konf. «Stroitelstvo 2011». Rostov n/D : RGSU, 2011. S. 93—94.*

© Беспалов В. И., Сысоев В. Н., 2012

Поступила в редакцию
в ноябре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Беспалов В. И., Сысоев В. Н. Санитарно-гигиеническая и энергетическая оценка процесса подавления вибрации в рабочей зоне формовочных цехов заводов ЖБК // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 161—164.

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА. УПРАВЛЕНИЕ
ИНВЕСТИЦИОННО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ**

УДК 711.455(470.4)

В. Г. Бахтояров, В. Ф. Сидоренко

**РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ТЕРРИТОРИИ
КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ В НИЖНЕВОЛЖСКОМ РЕГИОНЕ**

Методом экспертной оценки произведено оценивание туристского потенциала территории Нижневолжского региона. Проведенный анализ позволил сформировать зоны для приоритетного развития определенного направления экотуризма.

К л ю ч е в ы е с л о в а: экотуризм, туристский потенциал, туристско-рекреационная зона.

The method of the expert estimation is made the estimation of tourist territory potential of Lower Volzhski region. The conducted analysis is allowed to generate the zones for priority development of the certain direction of the ecotourism.

К е y w o r d s: ecotourism, tourist potential, tourism and recreation zone.

На основе регулярно публикуемых в последние годы данных о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу и сбросах загрязненных сточных вод в водоемы составлены карта РФ и список наиболее опасных в экологическом отношении территорий, чей исходный, природой климат уже не подвержен восстановлению. В этом списке 140 городов (13,2 % от общего их числа в России). 13 городов-«миллионников», 22 города (от 500 до 1000 тыс. жителей), областные, краевые и республиканские центры (63 из 72), почти 3/4 общего числа больших городов (113 из 165).

По экологическому состоянию (ЭС) города России разделяются на 5 категорий: 1-я — благополучная, 2-я — удовлетворительная, 3-я — умеренно напряженная, 4-я — напряженная, 5-я — критическая. Категория ЭС городов, входящих в Нижневолжский регион, согласно представленной классификации: Волгоград — 5-я, Астрахань — 4-я, Элиста — 3-я.

Нижнее Поволжье является промышленно развитым регионом. На его территории располагаются крупные предприятия топливной промышленности, черной металлургии, химической и нефтехимической промышленности, машиностроения и металлообработки, электроэнергетики, пищевой промышленности, промышленности стройматериалов, цветной металлургии. Основным загрязнителем атмосферы является транспорт (70 % выбросов), главным образом автомобильный. Среди объектов промышленности наибольшими выбросами характеризуются металлургия и топливная промышленность.

Так, в Волгограде отмечается повышенное содержание диоксида азота — 1,5 ПДК, фторида водорода — 1,2 ПДК, формальдегида — 5,0 ПДК, фенола — 1,3 ПДК, хлорида водорода — 1,4 ПДК, бензопирена — от 1,2 до 4,0 ПДК. В Волжском содержание формальдегида в атмосферном воздухе составило 3,0 ПДК. В Астрахани объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников составил 116,5 тыс. т., из которых 85 % — выбросы ООО «Астраханьгазпром». В Республике Калмыкия от стационарных источников в атмосферный воздух поступило 3,2 тыс. т вредных веществ. Индекс загрязнения воды варьирует от 1,36 до 2,04. Общий объем сброса сточных вод в Волгу в пределах г. Волгограда и Астрахани за 2010 г. составил около 310 млн м³. 98 % загрязненных сточных вод поступает от объектов ЖКХ.

В результате экологического неблагополучия в городах ухудшается здоровье населения, повышается уровень заболеваемости и смертности, сокращается продолжительность жизни. В области вышесказанного актуальным является вопрос улучшения качества жизни населения в промышленных городах. Один из путей решения данной проблемы — развитие экологического туризма в Нижнем Поволжье. Необходимость развития экологического туризма в регионе обусловлена, прежде всего, социальным заказом — потребностями населения в более целостном, системном подходе к проблемам здоровья и использования свободного времени, создании условий для ведения свободного образа жизни, духовного и экологического воспитания населения.

На территориях Волгоградской, Астраханской областей и Республики Калмыкии предлагается сформировать межрегиональную зону, которая необходима для дальнейшего развития Нижневолжского региона, организации массового кратковременного и длительного отдыха населения, улучшения экологической обстановки, а также размещения объектов инженерно-коммунальной инфраструктуры. Города (Волгоград, Астрахань, Элиста) и их пригородные зоны рассматриваются как единый социальный и хозяйственный организм. Поэтому планировочная организация межрегиональной зоны отдыха и туризма должна быть взаимосвязана с планировками вышеназванных городов.

Возможность организации туристских систем и их элементов, привлекательность территории для потоков туристов зависят от туристско-рекреационного потенциала территории.

Составной частью туристских ресурсов являются туристские объекты или объекты туристского интереса. К объектам экологотуристского интереса относятся уникальные природные объекты, парки, заповедники, целебные ландшафты.

Существующая классификация основных свойств туристских ресурсов позволяет определить функциональную направленность использования Нижневолжского региона в пределах туристско-рекреационных зон. К наиболее значимым для градостроительных целей свойствам могут быть отнесены: экологическое состояние территории, аттрактивность (привлекательность), доступность (транспортная), степень изученности, экскурсионная значимость, пейзажные и ландшафтные характеристики.

Для анализа туристско-рекреационного потенциала Нижневолжского региона использовали классификацию планировочной организации туристских

зон В. В. Владимирова [1] и планировочные модели американского профессора Ганна «Модель планировочной организации туризма крупного города», «Организация рекреационной зоны на базе охраняемой природной территории» [3] и господина Форстера «Модель зонирования природно-рекреационной территории».

На территории Нижнего Поволжья, включающей в себя Волгоградскую, Астраханскую области и Республику Калмыкия [3], были выделены: территории с природными ресурсами, образующие туристские планировочные районы и экскурсионные зоны; планировочные центры, узлы, планировочные оси, визит-центры ООПТ. Анализ данных о наличии и состоянии туристско-рекреационных ресурсов, особенностей сложившихся туристических зон и систем в Нижневолжском регионе показал удивительное разнообразие объектов туристского интереса, их привлекательность для развития экотуризма — как внутреннего, так и въездного. В качестве исследовательского приема для оценки использован сравнительный анализ. Методом экспертной оценки произведено оценивание туристского потенциала территории дифференцированно по административным районам. В качестве оцениваемых показателей туристского потенциала выбраны следующие позиции: экологическое состояние территории, виды экотуризма, ценность и уникальность природных (рекреационных, антропогенно-рекреационных) объектов, количество достопримечательностей на территории, известность на туристском рынке, транспортная доступность, развитость инфраструктуры.

Оценка туристско-рекреационного потенциала территорий с природными ресурсами произведена по трехбалльной шкале. Проведенный анализ позволяет сформировать зоны для приоритетного развития определенного направления экотуризма на территории Нижневолжского региона, а также выделить зоны, обладающие ресурсами для наибольшего количества направлений экотуризма (рис. 1—3).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Владимиров В. В. Основы районной планировки. М. : Высш. шк., 1995. 285 с.
2. Gunn C. A. Tourism Planning. New York, 1988. 312 с.
3. Атлас СССР / В. В. Точенов, В. Ф. Марков, Л. И. Беляева и др. М. : ГУГК, 1984. 259 с.
1. Vladimirov V. V. Osnovi rayonoi planirovki. M. : Vissh. shk., 1995. 285 s.
2. Gunn C. A. Tourism Planning. New York, 1988. 312 s.
3. Atlas SSSR / B. B. Tochenov, V. F. Markov, L. I. Belyaeva i dr. M. : GUGK, 1984. 259 s.

© Бахтояров В. Г., Сидоренко В. Ф., 2012

Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Бахтояров В. Г., Сидоренко В. Ф. Рекреационный потенциал территории как фактор экологической безопасности урбанизированной территории в Нижневолжском регионе // Вестник Волгogr. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 165—167.

УДК 630* 228.7:552.438.5

В. Н. Анопин

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕРОПРИЯТИЙ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И УЛУЧШЕНИЮ СОСТОЯНИЯ ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ НАСАЖДЕНИЙ УРБОЛАНДШАФТОВ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Приведены материалы, характеризующие особенности деградации урболандшафтов Нижнего Поволжья, обоснована возможность их фитомелиорации и рекультивации, изложены результаты исследования эффективности проведения в пригородных лесомелиоративных насаждениях лесоводственных уходов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: урболандшафт, деградация, зеленые и защитные лесные насаждения, рубки возобновления.

Data which are defined the specifics of urban landscape degradation in the Lower Volga region are given. The possibility of their phytomelioration and recultivation is proved. The research results of implementation efficiency of silvicultural care in suburban forest meliorated plantations are recited.

К e y w o r d s: urban landscape, degradation, green and protective forest plantations, fells of reproduction.

Урболандшафт, так же как и другой распространенный вид антропогенного ландшафта — агроландшафт [1] — это природно-антропогенная средообразующая и ресурсовоспроизводящая геоэкологическая система, но, в отличие от последнего, он является, в первую очередь, средой проживания и отдыха населения, а уже затем объектом его хозяйственной деятельности.

Влияние промышленных предприятий, объектов коммунального хозяйства и транспорта на урболандшафты застроенных и прилегающих к ним территорий часто приводит к экологическому кризису геосистем, обусловленному массовым загрязнением окружающей природной среды отходами, выбросами и стоками (в т. ч. искусственно синтезированными и не разлагающимися в естественных условиях) и возникновением воздействующих на людей явлений, имеющих квантовую и волновую природу (шума, электромагнитных излучений, вибрации, радиации, гравитации). Наиболее эффективно снижает перечисленные негативные воздействия на городское население биота и, в первую очередь, древесная и кустарниковая растительность. Однако при сохранении существующих антиэкологических и антигуманных тенденций антропогенное загрязнение биосферы урболандшафтов может превысить возможности ее самоочистки и города могут превратиться в зоны экологического бедствия [2]. На территориях с наибольшим техногенным прессом деградация городских ландшафтов переходит в опустынивание [3].

В то же время при рациональном ведении городского строительства и хозяйства, выполнении мероприятий по охране и улучшению состояния окружающей среды можно достичь значительного улучшения ситуации.

По воздействию на биогенно-биокосный слой урболандшафтов С. П. Горшков [4] выделяет три группы антропогенных и природно-антропогенных процессов:

а) оптимизирующие — обуславливающие устойчивое увеличение биомассы ландшафта по сравнению с ее количеством в естественных условиях;

б) редуцирующие — ведущие к ослаблению трансформирующей функции биогенно-биокосного слоя;

в) подавляющие биоту — проходящие на застроенных городских и горнопромышленных землях, а также под коммуникациями.

Антропогенные воздействия и их последствия меняют условия поступления, а также использования энергии солнечной радиации различными компонентами ландшафтов. В результате появляются новые процессы, зачастую не имеющие природных аналогов. Главными природно-антропогенными процессами принято считать: специфическое физико-химическое выветривание горных пород, измененную деятельность ветра, смыв почв, загрязнение атмосферного воздуха, вызывающие воздействие поллютантов на древесную и кустарниковую растительность, оврагообразование и оползни [2, 3, 4]. По нашему мнению, в условиях Нижнего Поволжья к ним также следует отнести изменение уровня грунтовых вод, заиление рек и водохранилищ, а также непосредственное активное воздействие на биоту рекреантов.

Деградация урболандшафтов приводит к недостаточной эффективности технологий работ по фитомелиорации экосистем, выполняемых традиционными методами, обуславливает необходимость проведения разработок научно обоснованных мероприятий по созданию, формированию и содержанию в хорошем состоянии городских зеленых и пригородных лесомелиоративных насаждений. Защитные лесные и зеленые насаждения должны проектироваться и создаваться, а затем формироваться строго на основе всесторонней, детальной экологической экспертизы. При этом следует учитывать то, что в перечне требований к охране и формированию культурного урболандшафта особое место принадлежит вопросам эстетики, поскольку эстетическая сторона окружающей среды является главным в гармоничном развитии и продуктивной деятельности человека [5].

Нельзя не констатировать то, что до настоящего времени в засушливой зоне целью большей части исследований в области лесомелиорации являлась разработка эффективных технологий создания лесонасаждений. Тому, что в урболандшафтах не менее важными являются мероприятия, обеспечивающие аттрактивность, высокие санитарно-гигиенические свойства и долговечность насаждений, уделялось значительно меньше внимания.

Одним из основных способов поддержания жизнеспособности, хорошего состояния и устойчивости древесных насаждений к неблагоприятным климатическим и экологическим факторам является своевременное проведение в них лесовосстановительных рубок. Об их потенциальной эффективности в лесомелиорированных ландшафтах Нижнего Поволжья свидетельствует то, что значительная часть созданных еще в XIX — начале XX века степных лесонасаждений сохранилась до настоящего времени в виде порослевых поколений.

Однако восстановление древесных насаждений с использованием вегетативного способа возобновления возможно только на основе тщательного учета биологических особенностей деревьев и кустарников.

В степной зоне хорошую пневую поросль дают многие виды вязов, ясени обыкновенный и ланцетный, клены остролистный, ясенелистный и татарский, груши, яблони, лох узколистный, удовлетворительную — дуб черешчатый, слабую по числу возобновившихся пней — береза, по числу порослевин

на пнях — осина. В сухостепной зоне вполне удовлетворительная поросль образуется у дуба черешчатого, вяза приземистого, ясеня ланцетного [6], робинии лжеакалии [4].

Запоздывание с восстановительными рубками недопустимо, так как при сильном ослаблении физиологических процессов у древесных растений резко снижается порослевая способность. Исходя из этого, в городских и пригородных лесонасаждениях считается целесообразной постепенная рубка деревьев по мере ухудшения их состояния. Но в степной и сухостепной зонах после проведения выборочных санитарных рубок (удаления усыхающих и суховершинных деревьев) под пологом насаждений, особенно массивных, отмечается плохой рост и даже гибель поросли дуба, робинии лжеакалии и других пород. Поэтому более приемлемыми в этих условиях являются сплошные рубки. На участках их проведения вследствие увеличения поступления солнечной радиации происходит достаточно интенсивное развитие сорной травянистой растительности. Но уже в возрасте трех лет кроны порослевин на вырубках смыкаются, и травостой становится меньше, чем в насаждении до рубки [4].

Приведенные по лесовозобновительным рубкам материалы являются обобщенными результатами исследований ученых-лесоводов и некоторых наших наблюдений, выполненных преимущественно в ползащитных и стокорегулирующих лесных полосах и не могут без определенной корректировки быть использованы в подверженных воздействию поллютантов более массивных защитных и рекреационных лесонасаждениях урболандшафтов.

Для оценки эффективности лесовосстановительных рубок в древесных насаждениях урболесоландшафтов сухостепной зоны нами были проведены исследования состояния порослевых поколений древостоев, созданных в начале XX века в окрестностях Камышина — города с развитыми промышленностью, коммунальным хозяйством и интенсивными транспортными потоками.

Суглинистые каштановые почвы обследованной территории в конце XIX столетия были погребены под слоем эолового песка. В результате последующего перемешивания горизонтов при вспашке (подготовке почв под лесные культуры на глубину 20...25 см) они имеют относительно благоприятный для роста древесных пород легкосуглинистый и супесчаный гранулометрический состав.

Материалы лесоустройства семидесятых годов прошлого столетия [7] и полученные нами данные свидетельствуют об эффективности и перспективности ведения в этих условиях порослевого хозяйства. Периодически при достижении критического возраста (массовая суховершинность, усыхание ветвей) в лесонасаждениях проводили восстановительные рубки. Пни срубленных деревьев давали достаточно обильную поросль, обеспечивающую последующее нормальное возобновление лесонасаждений.

В настоящее время на склонах крутизной до 6° при умеренной рекреационной нагрузке вполне удовлетворительным и даже хорошим состоянием отличаются чистые и смешанные насаждения дуба черешчатого, ясеня обыкновенного и ланцетного, робинии лжеакалии, клена остролистного, вяза обыкновенного. Созданные в 1909—1924 гг., они имеют полноту 0,7...0,9 и растут по III—IV бонитету. При этом в однопородных насаждениях наибольшую полноту и лучшие таксационные показатели имеют древостои ясеня обыкновенного, достигающие средней высоты 12,0...17,5 м и диаметра и 15...19 см, и дуба че-

решчатого — соответственно 13,3...14,3 м и 18...26 см. В смешанных насаждениях практически не отстает от дуба ясень ланцетный, второе поколение которого достигло средней высоты 14,5 м и диаметра 15 см.

Робиния лжеакация также характеризуется интенсивным ростом и хорошей возобновительной способностью, но отличается меньшей долговечностью порослевых поколений, поэтому реже достигает высоких биометрических показателей и требует более частых рубок возобновления, что осложняет ведение хозяйства в дубово- и ясенево-робиниевых насаждениях. Кроме того, отличающиеся в сухостепной зоне кривизной стволов порослевые древостой робинии лжеакации имеют очень низкую декоративность, аттрактивность и хозяйственную ценность.

Также вполне удовлетворительные показатели имеют древесные и кустарниковые насаждения на наиболее сложной категории лесокультурных площадей — откосах оврагов. Лесонасаждение, созданное в 1905—1906 гг. под руководством выдающегося лесомелиоратора Н. И. Суса на одном из отвершков овражно-балочной системы «Кирпичный», отличается хорошим состоянием до настоящего времени. Растения успешно растут как в нижней, так и в верхней части откосов, суховершинность отсутствует. К 1978 г. в возрасте 72 лет древостой по верхнему ярусу имел высоту 14...16 м, в том числе вяз обыкновенный — 15 м, ясень обыкновенный — 16 м, ясень ланцетный — 15 м, клен остролистный — 16 м. Полнота насаждения составляла 0,9, бонитет — III—IV. Рост оврага полностью прекратился, по дну и откосам сформировалась почва с глубиной гумусового горизонта 15...20 см.

В настоящее время полнота этого насаждения равна 0,7. В нижней части откосов и по дну оврага средняя высота ясеней обыкновенного и ланцетного достигла 17 м, диаметр на высоте груди — 35 см, в верхней части откосов ясени и клен остролистный имеют среднюю высоту 10 м и таксационный диаметр 25 см. Под пологом насаждения имеется благонадежный подрост клена остролистного, ясеня обыкновенного и ясеня ланцетного. Лесонасаждение достигло качественного состояния саморегулирующейся системы. Некоторое снижение бонитета насаждения за последние 30 лет, на наш взгляд, следует объяснить увеличившейся антропогенной нагрузкой (большое количество бытовых отходов на дне и откосах облесенного оврага).

Хорошим состоянием отличается и другое насаждение, созданное в 1909—1910 годах в вершине основного ствола той же овражной системы. Обследования роста лесных культур здесь проводились в 1938 и 1954 гг. И. Д. Брауде [8], в 1978 г. и в 2003—2008 гг. — нами. В настоящее время второе поколение древостоев здесь достигло средней высоты 12 м и имеет полноту 0,6...0,8 м. Крутизна откоса северной экспозиции с 1938 по 1954 годы уменьшилась с 42 до 28°, южной экспозиции — с 36 до 21°, дно повысилось на 1,4 м. С 1954 года по настоящее время крутизна откосов практически не изменилась.

Под воздействием высокой рекреационной нагрузки в условиях недостаточной влагообеспеченности состояние порослевых лесонасаждений сухостепной зоны существенно ухудшается. Реакция различных древесных пород на нее неодинакова. Так, в смешанных дубово-ясеневых насаждениях 60-летнего возраста, испытывающих высокое воздействие рекреантов, таксационные показатели у дуба черешчатого снизились значительно сильнее, чем у

ясеня ланцетного (средняя высота 9,6, диаметр 8,7 против 11,4 м и 10,4 см), были значительнее суховершинность (до 90 %) и усыхание боковых скелетных ветвей (до 50 %) при 50 %-й суховершинности и отсутствии усыхания ветвей у экземпляров ясеня.

Для выявления эффективности рубок возобновления в лесонасаждениях произрастающих на почвогрунтах с неблагоприятными лесорастительными свойствами (сильно смытые карбонатные почвы, тяжелый гранулометрический состав), нами было изучено состояние лесных культур, созданных в 1960—1964 гг. на берегах балки Водяная на окраине г. Дубовка вблизи автомагистрали Волгоград — Сызрань. Было установлено, что в этих условиях достаточно эффективным способом подготовки почв под лесные культуры является только плантажная вспашка на глубину не менее 60 см с последующим парованием. Лучшее состояние, большую долговечность и максимальную интенсивность роста имеют широкополосные насаждения, чередующиеся с незасаженными интервалами. В процессе роста и развития древесных и кустарниковых насаждений происходит улучшение лесорастительных свойств почв, и поэтому, даже на участках погибших древостоев, вновь посаженные культуры отличаются лучшим состоянием и более интенсивным ростом. Возобновительные рубки дают наибольший эффект в насаждениях дуба черешчатого, обеспечивая вполне нормальный рост порослевого поколения. Порослевая способность вяза приземистого и ясеня ланцетного в этих условиях ниже. Вяз приземистый растет быстрее ясеня ланцетного, но у последнего, как правило, выше долговечность и начиная с возраста 20 лет лучшее состояние.

Изложенное свидетельствует о возможности и целесообразности ведения в лесомелиоративных насаждениях урболандшафтов сухостепной зоны порослевого хозяйства при условии своевременного проведения сплошных восстановительных рубок, технология выполнения которых должна быть основана на тщательном учете биологических особенностей древесных пород, лесорастительных условий каждой конкретной фации облесенной территории, содержания в атмосферном воздухе поллютантов, величины рекреационной нагрузки и т. д.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Николаев В. А. Концепция агроландшафта // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 1987. С. 22—27.
2. Владимиров В. В. Экологический императив города // Промышленное и гражданское строительство. 2000. № 9. С. 18—20.
3. Бережной А. И., Томина Л. Д. Проблемы экологии. Воздух и почвы Земли // Известия промышленной экологии. 2001. С. 3—9.
4. Бабенко Д. К. Научные основы ведения хозяйства в защитных лесных насаждениях. М. : Агропромиздат, 1985. 222 с.
5. Воронов А. И. Ближайшие задачи охраны и формирования ландшафтов // Тезисы докладов республ. научн.-техн. конф. 25—26 апреля 1972 г. Минск, 1972. С. 1—3.
6. Савельева Л. С. Устойчивость деревьев и кустарников в защитных лесных насаждениях. М. : Лесная промышленность, 1975. 168 с.
7. Проект организации и развития лесного хозяйства Камышинского опорного пункта ВНИАЛМИ. Т. 2. Таксационное описание (Фонды Нижневолжской станции по селекции древесных пород). Воронеж, 1973. 266 с.
8. Брауде И. Д. Закрепление и освоение балок и крутых склонов. М. : Сельхозиздат, 1959. 281 с.

1. Nikolayev V. A. Kontsepsiya agrolandshafta // Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 5. Geogr. 1987. S. 22—27.
2. Vladimirov V. V. Ekologicheski imperativ goroda // Promyshlennoe i grazhdanskoye stroitelstvo. 2000. № 9. S. 18—20.
3. Berezhnoi A. I., Tomina L. D. Problemy ekologii. Vozdukh i pochvy Zemli // Izvestiya promyshlennoi ekologii. 2001. S. 3—9.
4. Babenko D. K. Nauchnye osnovy vedeniya khozyaistva v zashchitnykh lesnykh nasazhdeniyakh. M. : Agropromizdat, 1985. 222 s.
5. Voronov A. I. Blizhaishiye zadachi okhrany i formirovaniya landshaftov // Tezisy dokladov respubl. nauchn. tekhn. konf. 25—26 aprelya 1972 g. Minsk, 1972. S. 1—3.
6. Saveleva L. S. Ustoychivost derevev i kustarnikov v zashchitnykh lesnykh nasazhdeniyakh / M. : Lesnaya promyshlennost, 1975. 168 s.
7. Proekt organizatsii i razvitiya lesnogo khozyaistva Kamyshinskogo opornogo punkta VNIALMI. T. 2. Taksatsionnoe opisanie (Fondy Nizhnevolzhskoi stantsii po selektsii drevesnykh porod). Voronezh, 1973. 266 s.
8. Braude I. D. Zakrepleniye i osvoyeniye balok i krutykh sklonov. M. : Selkhozizdat, 1959. 281 s.

© Анопин В. Н., 2012

*Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.*

Ссылка для цитирования:

Анопин В. Н. Эффективность мероприятий по увеличению долговечности и улучшению состояния лесомелиоративных насаждений урболандшафтов Нижнего Поволжья // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 168—173.

УДК 712.3/.7:711.7

Э. Э. Краси́льникова, Ю. А. Ива́ницкая

ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ КЛАСТЕРОВ НА ОСНОВЕ РЕНОВАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОН КРУПНЫХ ГОРОДОВ

Рассматриваются актуальные градостроительные проблемы постиндустриального развития крупных городов на примере г. Волгограда. Раскрывается понятие научно-образовательного кластера как варианта рефункционализации промышленных территорий города.

К л ю ч е в ы е с л о в а: промышленные территории города, редевелопмент, научно-образовательный кластер, устойчивая городская среда, урбоэкологический подход.

The current urban-planning problems of large cities post-industrial development are considered by the example of Volgograd. The concept of research and education cluster as the refunctionalization variant of city industrial areas is developed.

K e y w o r d s: city industrial areas, redevelopment, research and education cluster, sustainable urban environment, urban ecological approach.

Современный город представляет собой сложную систему, детерминруемую многими взаимосвязанными и взаимоопределяемыми показателями. Город является экономическим, административным и культурным центром, это постоянно развивающийся организм, который чутко улавливает тенденции общественной жизни, воспроизводит и видоизменяет их. Актуальные проблемы развития крупнейших городов вызваны высоким темпом роста численности населения и поиском инвестиционно привлекательных территорий для размещения необходимых городу функциональных зон. Данную проблему можно описать уравнением «где = ?, что разместить = известно». Но что станет решением проблем крупных городов совсем недавно являвшихся важным звеном промышленной структуры социалистического государства, чья производственная ориентация стала определяющей для социальных и экономических процессов?

Волгоград является примером города с богатым промышленным прошлым, неопределенным постиндустриальным настоящим и размытым будущим рыночной экономики. Процессы рефункционализации промышленных гигантов, расположенных в структуре города, занимающих инвестиционно привлекательные прибрежные территории, являются неизбежными на пути развития Волгоградской агломерации. Эти процессы не могут носить ультимативный характер в виде переноса всех промышленных объектов за черту города, т. к. рефункционализация может носить и частичный характер. Но главный вопрос касается поиска правильного качественного насыщения перепрофилированных объектов, т. е. «где = известно, что разместить = ?».

Образовательный кластер и редевелопмент промышленных территорий как тенденция постиндустриального развития города. Наличие сегодня большого количества промышленных зон, расположенных на инвестиционно выгодных территориях, но не выполняющих максимально свое экономическое предназначение, заставляет задуматься о целесообразности

содержания столь обширных индустриальных пространств как неких «памятников» былого промышленного могущества.

Идея возводить новые экономически привлекательные объекты на месте убыточных предприятий, ветхих домов и нерационально используемых территорий возникла в США, и довольно скоро это стало обычной практикой во многих странах. Там же, в Соединенных Штатах, и появился термин «редевелопмент», означающий комплексную реконструкцию с изменением концепции развития территории.

В России и само явление, и понятие редевелопмент, прижились не сразу. Экономические катаклизмы начала 1990-х гг. серьезно ударили по отечественной промышленности, многие предприятия встали или продолжали работать себе в убыток. Стихийная приватизация заводов и фабрик, частая смена собственников и отсутствие грамотного управления объектом не способствовали подъему производства. Огромные территории с морально устаревшими и обветшавшими зданиями не соответствовали их градообразующему статусу и экономическому потенциалу, а оказывали отрицательное влияние на экологическое состояние прилегающих территорий.

Противоречия между сложившейся городской средой и новыми потребностями общества возможно разрешить только путем качественного преобразования существующих промышленных комплексов на основе их ревитализации. Под ревитализацией понимается реконструкция промышленных зданий и сооружений с изменением функции самого объекта, то есть того назначения, которое вызвало причину строительства. При этом экономическая сторона вопроса становится не проблемой, а фактором, влияющим на развитие процесса ревитализации. Реконструкция промышленных зданий и сооружений дает возможность эффективно контролировать развитие пространственной среды, препятствует накоплению и росту необратимых, хаотичных процессов внутри самой системы города. Своевременное переосмысление промышленных комплексов — залог гармоничного развития исторически сложившейся городской среды.

Редевелопмент (в значении «оздоровление района») — очень сложный процесс, требующий активного участия не только властей, но и инвестиционного сообщества, владельцев предприятий, работников и жителей района. Взаимодействие между этими группами лиц не всегда может быть грамотно налажено в настоящее время (отчасти из-за инертности жителей, низкой заинтересованности в процессе со стороны предпринимателей, бездействия властей) [1].

Размещение образовательных кластеров на территориях бывших промышленных объектов, которые по концепции генерального плана города должны быть вынесены за городскую черту или перепрофилированы под общественную функцию, является примером актуального редевелопмента. В настоящее время эти территории представляют собой бесперспективную маргинальную среду. На этих территориях методами конверсии промышленных объектов возможно создавать научные межуниверситетские центры регионального и российского значения с развитой научной, научно-производственной и социальной инфраструктурой и формировать экологически безопасную, социально ориентированную архитектурно-ландшафтную среду. Поэтому на первый план выходят вопросы перепрофилирования круп-

ных промышленных зон, расположенных на привлекательных прибрежных территориях.

В настоящее время однозначного понимания термина «кластер» не существует, а используемые определения совершенствуются по мере развития.

В научной литературе используются три перечисленные далее определения, каждое из которых подчеркивает основные черты рассматриваемых нами структур. Согласно им кластеры являются:

регионально ограниченными формами экономической активности внутри родственных секторов, обычно привязанных к тем или иным научными учреждениям;

вертикальными производственными цепочками, узко определенными секторами, в которых осуществляющие смежные этапы производственного процесса структуры (например, последовательность поставщик — производитель — продавец — клиент) составляют ядро. В частности, сети, формирующиеся вокруг головных фирм;

имеющими высокую степень интеграции отраслевыми объединениями или совокупностями структур с еще более высоким уровнем агрегации [2].

В классическом понимании, сформулированным М. Портером, кластер — это группа географически соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций определенной сферы, характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга [3].

Инновационный (высокотехнологичный) кластер — кластер, в состав которого входят центры генерации и передачи научных знаний, выпускающий наукоемкую продукцию на базе передовых технологий [4].

Роль образовательного кластера в генезисе градостроительной структуры г. Волгограда. Одной из наиболее развитых форм интеграции науки, образования и реального сектора экономики являются гибкие сетевые структуры (инновационные кластеры), создаваемые на основе многосторонних соглашений и объединяющие вузы, научные организации, предприятия, инновационные фирмы. Инновационные кластеры призваны обеспечить благоприятные условия для концентрации интеллектуального и технологического потенциала крупных промышленных компаний, НИИ и университетов, способствовать созданию малых инновационных компаний (стартапов) для коммерциализации результатов научных исследований, как правило, с участием ученых и инженеров, проводивших эти исследования и разработки [5].

В рамках концепции комплексного проектирования устойчивого «пространства для жизни» по созданию в Волгоградской области Национального центра «Победа» (разработчики проекта IRP Group, администрация Волгоградской области, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, Ассоциация ландшафтных архитекторов) приоритетное значение отводится образовательным (университетским) кластерам, которые оказывают большое влияние на формирование яркого бренда и узнаваемости города как драйвера для создания условий его устойчивого развития. Роль университетских кластеров позиционируется как гарант обеспечения условий для развития Волгограда как яркого, творческого, «вибрирующего» места, притягательного для жизни, учебы, работы и отдыха, а развитие образовательных программ будет способствовать восстановлению целостной идентичности городской среды.

Размещение университетских кластеров в структуре Волгограда связано с историческими традициями формирования его планировочной структуры. Волгоград (всемирно известный как Сталинград) — один из примеров городов с четко выраженной линейной планировочной структурой. Линейно расчлененная структура города оказала влияние и на размещение образовательных кластеров. В размещении образовательных кластеров Волгограда, сформированных крупными университетами регионального значения (Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоградский государственный университет, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, Волгоградский государственный технический университет, Волгоградский государственный педагогический университет, Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия), четко прослеживается ориентация этих объектов на главную линейную ось города — транзитную магистраль федерального значения, пронизывающую город с севера на юг в направлении Москва — Астрахань.

Вышеперечисленные вузы г. Волгограда имеют богатую историю и авторитет в структуре образования не только нашего города, но и Южного федерального округа. Они возникли после Второй мировой войны, Генеральным планом подразумевались как некий каркас градостроительной организации центра города, поддерживающий ансамблевую направленность среды и стилистическое единство. Однако планировочная организация города не может позволить бесконечных расширений площадей зданий, находящихся непосредственно в историческом центре. Но поскольку растет численность населения, темп жизни города, социальные потребности граждан трансформируются, территории вузов перестают быть просто местом обмена научными и практическими навыками. Формальные границы университетов (границы застройки) расширяются до неких ареалов общественных пространств, и не всегда возможно четко разграничить сферу влияния образовательного заведения на протекание социальных процессов вокруг него. Эти территории переходят в разряд активных социальных пространств, которые могут быть задействованы горожанами круглосуточно.

На примере г. Волгограда видно, как сфера общественного влияния вузов выходит за свои исторические границы. Так, Волгоградский медицинский университет в понятии горожан неразрывно связан с пешеходным бульваром по проспекту им. Ленина и парком площади Павших Борцов. Ежедневное передвижение людских масс протекает через эти рекреационные зоны, зачастую задерживая часть населения именно там. Рекреационное пространство переросло узкую функциональную направленность, став некой буферной зоной, способной аккумулировать функции отдыха, учебы, работы. Однако социум, повинаясь актуальным потребностям, сам трансформирует значение данной территории, но не меняет ее качественного уровня. У ВолгГМУ нет территориального потенциала развития качественной составляющей, поэтому многие корпуса университета располагаются в других административных районах города, а рекреационная зона около главного корпуса ВолгГМУ уже не может удовлетворить растущие потребности в публичных пространствах.

Похожая ситуация и у Волгоградского педагогического университета и Волгоградского технического университета. Пешеходный бульвар по проспекту им. Ленина играет важную общественную роль в ежедневной органи-

зации учебного процесса. Однако достаточно ли места для столь большого скопления людских масс, достаточно ли места для нормальной циркуляции всех участников учебного процесса? Ответ очевиден: данным вузам необходимы новые принципы организации учебного процесса, это выражается в создании новых территорий, способных вместить часть учебных мероприятий, часть студенческого, профессорского состава, а также обеспечить создание комфортной, обширной буферной зоны, столь необходимой для такого активного участника социальных процессов города.

В настоящее время только два университетских кластера достаточно удалены от центра — это Волгоградская сельскохозяйственная академия и Волгоградский государственный университет. Размещение ВолГСХА связано со спецификой обучения, так как в структуре лабораторных корпусов необходимо иметь сельскохозяйственные сооружения и земли. Поэтому этот кластер имеет как транспортную доступность со стороны центра города, так и выход на пригородные территории. В случае с ВолГУ мы имеем пример формирования университетского кампуса в структуре одного из районов города (транспортная доступность от центра на общественном транспорте составляет 30 мин). В настоящее время именно этот кластер, возможно опосредованно, оказал влияние на функциональное развитие прилегающих территорий.

Но вернемся к проблемам существования университетских кластеров в центре города и их тонким взаимоотношениям. Проблема «университет и центр города» — это проблема, возникшая со времен основания первых университетов, которая актуальна и в 21 веке практически во всех городах Европы, имеющих в структуре центральной части университетские центры. Исторически сложившийся градостроительный ансамбль центральной части Волгограда, в структуре которого размещены все главные университеты города, композиционно подчинен главной транспортной артерии города — проспекту Ленина. Мы имеем пример концентрации университетского кластера в центральной части города, именно эта часть в настоящее время имеет большой потенциал для своего развития. Но существует острая градостроительная и социальная проблема, влияющая на комфортность пребывания, отдыха и обучения в центре города, а именно: отсутствие социально ориентированных общественно-пешеходных пространств. К сожалению, в Волгограде практически нет обустроенных пешеходных улиц. Пешеходными пространствами являются тротуары основных продольных магистралей.

Таким образом, городу необходимо наличие некой обширной буферной зоны, для общественных процессов, способной развить территориальный потенциал вузов, нормализовать экологическую ситуацию крупного промышленного города посредством создания рекреационных пространств различного назначения.

Рефункционализация промышленных территорий на основе функционирования образовательных кластеров. Рефункционализация промышленного узла на примере конверсии части Волгоградского тракторного завода в образовательно-научный кластер как раз отвечает современным запросам города. Примером решения этой проблемы является совместное международное научно-практическое исследование «Формирование научного кластера на основе ревитализации части промышленной зоны тракторного завода в г. Волгограде», выполненное на кафедре градостроительства архи-

тектурного факультета ВолгГАСУ и на кафедре градостроительства факультета архитектуры Словацкого технического университета (руководители доц. Э. Э. Красильникова, доц. Л. Виткова, аспирант Ю. А. Иваницкая). В результате историко-градостроительного, проблемного, инвестиционно-перспективного анализа в рамках этого исследования были выявлены определенные принципы организации нефункционирующих промышленных зон.

Территория промышленной зоны Тракторного завода и прилегающие к нему территории со стороны реки рассматриваются как единый планировочный элемент, требующий комплексного подхода к его структурной реорганизации. Четкая визуальная ось, разделяющая территорию завода на северную и южную (функционирующую) части по направлению к реке, становится абстрактной границей деления новых функций территории. Нефункционирующая в настоящее время часть завода приобретает функции научно-образовательного кластера, территории сосредоточения филиалов высших учебных заведений. Данная территория насыщается новыми функциями, отвечающими за обучение, сбор и обмен информацией, проведение общественных научных мероприятий. Функционирующая (южная) часть завода перепрофилируется в экспериментальную зону, исследовательскую площадку для научных изысканий, формирующуюся студентами, молодыми учеными, профессурой в северной части научного кластера.

Важно отметить, что кластер растекается по территории завода в рамках уже существующей поточной системы организации производства. Планировочная структура завода является базовой, а функция и перспективы развития территории — современные, соответствующие запросу современного города. Научная интеллигенция, перспективные молодые ученые сами по себе формируют прогрессивную среду, способную по-другому идентифицировать пространство, создавая мощные фокусы притяжения городского и регионального масштаба.

При формировании научно-образовательного кластера, помимо размещения корпусов вузов, возникает вопрос о сопутствующих обслуживающих объектах. Такими объектами могут стать центры инновационных исследований, молодежные коммуникативные центры, объекты медиатизированных процессов и т. п. Экспериментальная площадка кластера в рамках существующей планировочной структуры насыщается высоко технофицированными объектами, снабженными инновационным оборудованием. Каждый из представленных на территории научного кластера вузов, должен иметь свою экспериментальную территорию, отвечающую запросам ориентации научных исследований. Например, технический университет может располагаться в существующих цехах завода, для ВолгСХА могут быть созданы специальные климатроны на базе существующих теплиц, архитектурно-строительный университет получит мастерские для дипломного и экспериментального проектирования и аудитории для проведения мастер-классов и воркшопов, медицинский университет получит площадку для научно-естественных экспериментов в рамках своей специализации.

Приток молодого перспективного социального класса позволит создать экономически привлекательную среду для инвестирования. Проектирование жилых комплексов на близлежащей территории станет логичным шагом при бурном развитии научного кластера. Привлекательность расположения жилых кварталов (безопасная экологичная окружающая среда, близость реки,

комфортабельная застройка, развитая социальная инфраструктура) позволит создать разноплановую застройку, ориентированную на разные социальные группы населения, в структуре которой могут быть размещены студенческие кампусы, кварталы ученых и преподавателей, жилые комплексы для людей, желающих окружить себя творческой и научной интеллигенцией.

Урбоэкологический подход в проектировании создает определенные уровни экологической организации среды, это позволяет создавать биопозитивную атмосферу кластера и прилегающих к нему территорий. Взаимодействие кластера с рекой, использование пойменных пространств как экопозитивных аспектов формирования среды, пронизывание жилых и общественных образований природными зелеными полосами, озеленение бывших промышленных территорий, переход на альтернативные виды энергии и экологичные виды транспорта — все нацелено на создание современной, устойчивой городской среды [6, 7].

Заключение. Материальные и духовные ценности, нормы, традиции, особенности организации жизни создают неповторимый облик городов того или иного региона и формируют отличительные особенности характера их жителей. Новые потребности в организации процессов публичного взаимодействия населения заставляют архитекторов и градостроителей искать новые пути организации пространств. Город не всегда располагает потенциалом количественного расширения своих границ, приходится искать пути решения в качественных аспектах организации территорий. В результате пересматривается роль различных промышленных объектов, значение которых утрачено, а несовременность становится все более очевидной. Многим промышленным городам, таким как Волгоград, необходим мощный толчок, способный вывести город на качественно новый уровень устойчивого развития. Формирование научно-образовательных кластеров способно стать таким инновационным подходом, дающим возможность преобразить экономическую, социальную, экологическую сферы жизнедеятельности города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кабулаев И. Проблемы и перспективы речевого развития в России [Электронный ресурс]. 2005. Режим доступа: <http://www.apartment.ru/issuebody.html?id=97> (дата обращения : 05.11.2011).
2. Лаврикова Ю. Г. Кластеры: стратегия формирования и развития в экономическом пространстве региона. Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2008. С. 232.
3. Громыко Ю. В. Что такое кластеры и как их создавать? [Электронный ресурс] // Восток. 2007. Вып. 1. Режим доступа: http://www.situation.ru/app/j_art_1178.htm (дата обращения : 05.11.2011).
4. Стасьевская Г. Н. Формирование механизма развития инновационного кластера на базе профильного технопарка : автореф... канд. экон. наук. [Электронный ресурс]. Санкт-Петербург, 2009. Режим доступа: http://elibrary.finec.ru/materials_files/refer/A7104_b.pdf (дата обращения : 05.11.2011).
5. Интегрированные научно-образовательные центры как важнейший ресурс формирования региональных кластерных систем в сфере образования, науки и инноваций / И. И. Беляев, В. Г. Матвейкин, С. И. Дворецкий, В. Ф. Калинин. Университет им. Вернадского. 2008. № 1 (11). Т. 1. С. 151—152.
6. Krasilnikova E. E. The urban ecological approach to a town-planning structure of city : PhD Thesis. Bratislava : Slovak University of Technology, 1999.
7. Красильникова Э. Э. Роль урбоэкологического подхода при разработке стратегии устойчивого развития городов // Международная науч.-практ. конф. «Крупные города XXI века: проблемы и перспективы», 22—24 сентября 1999 г. Ч. 2. Проблемы устойчивого развития г. Волгограда — разработка концепции и экономико-математических моделей. Волгоград, 2000.

1. *Kabulayev I.* Problemy i perspektivy redevelopment v Rossii [Elektronny resurs]. 2005. Rezhim dostupa: <http://www.appartment.ru/issuebody.html?id=97> (data obrashcheniya : 05.11.2011).
2. *Lavrikova Yu. G.* Klastery: strategiya formirovaniya i razvitiya v ekonomicheskom prostranstve regiona. Ekaterinburg : Institut ekonomiki UrO RAN, 2008. S. 232.
3. *Gromyko Yu. V.* Chto takoye klastery i kak ikh sozdavat? [Elektronny resurs] // Vostok. 2007. Vyp. 1. Rezhim dostupa: http://www.situation.ru/app/j_art_1178.htm. (data obrashcheniya : 05.11.2011).
4. *Stashevskaya G. N.* Formirovaniye mekhanizma razvitiya innovatsionnogo klastera na baze profilnogo tekhnoparka : avtoref. diss... kand. ekon. nauk [Elektronny resurs]. Sankt-Peterburg, 2009. Rezhim dostupa: http://elibrary.finec.ru/materials_files/refer/A7104_b.pdf (data obrashcheniya : 05.11.2011).
5. Integrirovannyye nauchno-obrazovatelnye tsentry kak vazhneyshiye resursy formirovaniya regionalnykh klasternykh sistem v sfere obrazovaniya, nauki i innovatsii / I. I. Belyayev, V. G. Matveykin, S. I. Dvoretzkiy, V. F. Kalinin. Universitet im. Vernadskogo. 2008. № 1 (11). T. 1. S. 151—152.
6. *Krasilnikova E. E.* The urban ecological approach to a town-planning structure of city : PhD Thesis. Bratislava : Slovak University of Technology, 1999.
7. *Krasilnikova E. E.* Rol urboekologicheskogo podkhoda pri razrabotke strategii ustoychivogo razvitiya gorodov // Mezhdunarodnaya nauch.-prakt. konf. "Krupnyye goroda XXI veka: problemy i perspektivy", 22—24 sentyabrya 1999 g. Ch. 2. Problemy ustoychivogo razvitiya g.Volgograda — razrabotka kontseptsii i ekonomiko-matematicheskikh modelei. Volgograd, 2000.

© Красильникова Э. Э., Иваницкая Ю. А., 2012

Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Красильникова Э. Э., Иваницкая Ю. А. Формирование научно-образовательных кластеров на основе реновации промышленных зон крупных городов // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр.-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 174—181.

**ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ,
РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ
ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ.
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

УДК 719:711.424.6

О. А. Антюфеева

**НОВЫЕ ФОРМЫ ЭКСПОНИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНО-АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ
ПАМЯТНИКОВ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ «МУЗЕЙНО-АРХЕОЛОГИЧЕСКИЙ
И КУЛЬТУРНЫЙ ЦЕНТР РИМСКО-ВИЗАНТИЙСКОГО ИСКУССТВА “МЕДИАНА”
В ГОРОДЕ НИШ, СЕРБИЯ»)**

Рассматривается проблема сохранения памятников материальной культуры — архитектурно-археологических объектов. Раскрываются положения экспериментального проекта по формированию музейного комплекса римско-византийской культуры «Медиана» в Сербии. Сформулированы принципы презентации и экспонирования архитектурно-археологических памятников в пространстве города.

К л ю ч е в ы е с л о в а: архитектурно-археологический памятник, музей, экспонирование, римско-византийская культура, вилла Медиана, город Ниш, Сербия.

The problem of monuments preservation of the material culture — architectonic and archaeological objects — is considered. Pilot project positions on formation of the museum complex of the Roman-Byzantine culture “Mediana” in Serbia are developed. Principles of presentation and exposure of architectonic and archaeological monuments in city space are formulated.

K e y w o r d s: architectonic and archaeological monument, museum, exposure, the Roman-Byzantine culture, villa Mediana, Nis, Serbia.

Историко-культурное наследие играет главную роль в настоящее время. В культурологическом аспекте памятники являются средствами определения и осознания каждым поколением и каждым человеком своего места в историческом процессе. Диалог этот включает постоянное установление новых и восстановление утраченных связей между человеком и культурным пространством во всей его временной глубине. Архитектурно-археологические памятники играют в установлении этого диалога огромную роль. Они создают ощущение подлинности пространства, которое погружает посетителя во временные слои ушедших эпох, и одновременно создают понимание того, что он находится в неразрывной связи с, казалось бы, исчезнувшей культурой. К архитектурно-археологическим памятникам относятся остатки произведений архитектурного и градостроительного искусства, раскрываемые в процессе археологических раскопок и обладающие значительным информационным и эстетическим потенциалом

благодаря минимуму позднейших строительных наслоений. Их большое эмоционально-эстетическое воздействие на зрителей, определяемое чувством «материализованного историзма», относит архитектурно-археологические памятники к категории исторических ценностей, наиболее охотно посещаемых туристами [1].

Археологические музеи — это музеи исторического профиля, которые собирают, хранят, изучают и представляют предметы, имеющие историческую, художественную ценность, как правило, обнаруженные в результате археологических исследований. Объектами музеефикации могут стать также недвижимые археологические памятники — древние городища, погребения, различные оборонительные, культовые, гражданские сооружения. В соответствии с задачами хранения и презентации археологические музеи могут существовать в виде коллекционных музеев, музеев-заповедников, музеев-памятников, музеев под открытым небом. Аппетитивность археологических музеев во многом зависит от уровня реставрационных и консервационных работ, которые определяют внешний вид памятника и формы его настоящего и будущего использования в просветительских и научных целях [2].

Дипломный проект разработан в рамках международного сотрудничества Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета (г. Волгоград, Россия) и университета в г. Ниш (Сербия). Сербской стороной была предложена тема проекта, связанная с формированием музейно-археологического комплекса на основе археологического раскопа «Медиана». С целью определения приемов пространственной организации музейных комплексов архитектурно-археологических памятников был выполнен научно-экспериментальный проект, посвященный формированию музейно-археологического и культурного центра римско-византийского искусства в Сербии (рис. 1).

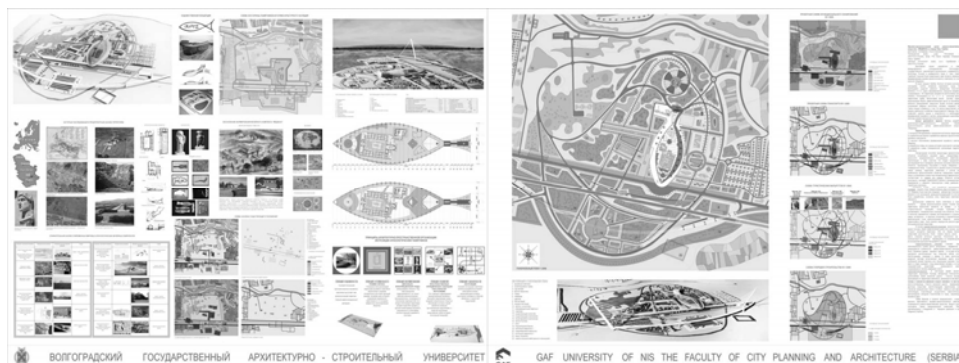


Рис. 1. Экспозиция проекта музейного комплекса «Медиана»

Из всех городов Сербии, богатых историко-культурным наследием, особое внимание привлекает город Ниш, являющийся родиной римского императора Константина Великого. К IV в здесь сформировалось городское предместье («предградье»). На территории предместья расположены многие объекты, относящиеся в концу III — началу V вв: античная вилла с перистилем, термы, баптистерий, вилла рустика, хорреум, водонапорная

башня, ремесленнический центр по производству военного оборудования, некрополи. Кроме остатков зданий и сооружений найдены скульптуры, мозаики, предметы быта. Также следует отметить о том, что вилла представляет собой модель идеального хозяйства позднеримского периода. Все это позволяет сделать вывод о возможности и необходимости формирования музейного центра, раскрывающего разнообразие культуры времен императора Константина [3].

Целью проекта является разработка архитектурно-планировочного решения территории Музейно-археологического и культурного центра византийского искусства «Медиана» в городе Ниш. На первоначальном этапе было выполнено обоснование для разработки схемы охранных зон проектной территории, а также режимов деятельности. После охрannого зонирования была разработана архитектурно-градостроительная концепция. Отправной точкой для разработки экспозиционного сценария проекта стало предположение ряда историков о том, что Медиана была местом рождения императора Константина Великого и его загородной дворцовой резиденцией [4]. В этой связи были разработаны основные зоны территории комплекса и маршруты.

Рассмотрение способов презентации археологических объектов потребовало решения задач, определяемых в результате предварительного исследования памятника и прилегающих к нему участков. На стадии предпроектных исследований было проведено детальное изучение раскопанных объектов. Проводились изыскания в Музее «Медиана» и в университете г. Ниш. В результате в проекте были установлены новые границы территории памятника с учетом вновь выявленных археологических объектов, определены охранные зоны и установлена степень восстановительных вмешательств. В соответствии со схемой зон охраны объектов историко-культурного наследия предлагается вынести производственные предприятия и изменить транспортную схему движения по территории комплекса.

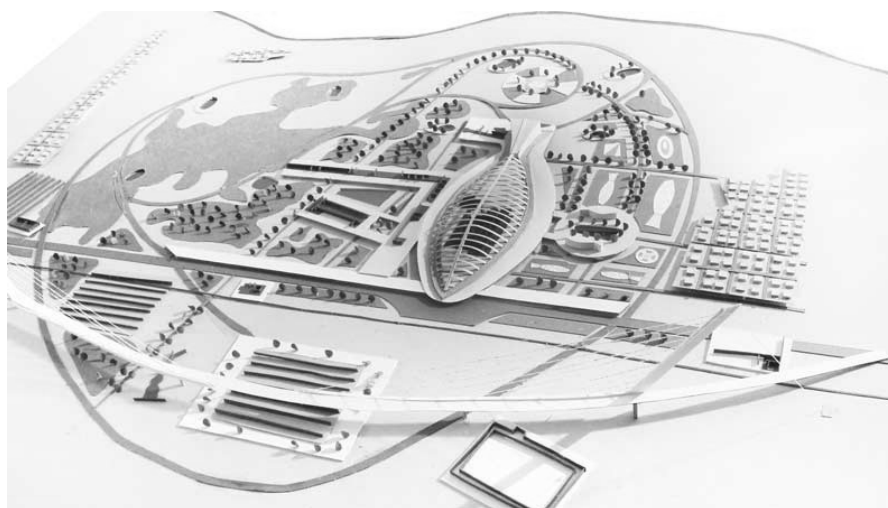


Рис. 2. Музейно-археологический и культурный центр римско-византийского искусства в городе Ниш в Сербии. Фото с макета. Арх. О. Антюфеева

Центральным элементом всего комплекса в проекте является здание археологического музея (рис. 2). Особой чертой памятников археологии является их форма в виде «горизонтальных проекций», которая позволяет легко воспринимать планировочную структуру этих объектов. Поэтому в качестве современного приема экспонирования и сохранения самых интересных в научном отношении и выразительных с архитектурной точки зрения археологических объектов — виллы с перистилем и терм — было принято перекрытие раскопа единым большепролетным покрытием.

В основу художественной концепции археологического музея положен образ символической рыбы или ковчега, внутри которого находятся памятники. Оба эти образа являются символами христианства. Рыба — символ Христа, ковчег — место спасения истинных христиан. Посетители как бы путешествуют во времени, перемещаясь по галереям-уровням во внутреннем пространстве музейного здания.

Градостроительное решение отвечает задаче экспозиционного показа целого загородного предместья, где раскрываются особенности римско-византийской культуры и быта. Музейное здание окружено парком, в составе которого находятся расположенные под открытым небом остатки баптистериума, хорреума и церкви. В парке расположена развитая система естественных водоемов, вдоль которых свободной линией очерчена сеть пешеходных дорожек. Особое место в парке занимает «Сад византийских мозаик», в котором ландшафтными средствами раскрывается красота сохранившихся мозаик нимфеума и вилл.

Транспортное решение. В настоящее время проектную территорию пересекает бульвар императора Константина и узкоколейная линия железной дороги. Участок бульвара, проходящий по территории комплекса, организуется как местный проезд, а транзитное движение следует направить по вантовому мосту-путепроводу. Участок железной дороги перекрывается арочным покрытием, препятствующим пересечению путей. Проектом предусмотрен также и особый павильон для аренды велосипедов, позволяющих осуществлять самостоятельные велосипедные экскурсии посетителям по парку, окружающему музейное ядро.

В процессе выполнения экспериментального проекта были сформулированы следующие принципы архитектурно-пространственной организации экспозиции археологических памятников:

1. Принцип подлинности. Основой построения пространственного музейного комплекса выступает сам археологический памятник — главный демонстрационный материал.

2. Принцип оптимального режима охраны. Планировочная организация территории музейного комплекса предполагает создание оптимального для своих функций режима, основная цель которого — сохранение подлинности памятников и в то же время эффектного экспонирования объектов.

3. Принцип формирования визуально-информационной среды раскрываемого объекта. Подразумевается не только комплекс археологических, функциональных, инженерных и технических мероприятий, но и общая эстетизация территории, которая позволяет вызвать у зрителя необходимый настрой и погруженность в атмосферу соответствующего времени и культуры.

4. Принцип сценарности экспозиции. Основой построения комплекса является разработка историко-событийной основы, раскрывающей историко-культурную значимость событий, связанных с проектной территорией.

5. Принцип развития пространственных функций музея с выходом их в открытую экспозицию. Этот принцип подразумевает распространение музейных функций в окружающую среду, создание значительных открытых экспозиций, в которых музей является основным архитектурным сооружением, а открытая экспозиция представляет собой историко-культурный ландшафт.

Таким образом, в проекте предусмотрено создание крупного европейского музейно-археологического комплекса, посвященного римско-византийскому искусству. Защита проекта проходила перед международной комиссией. Работа рекомендована к внедрению и передана дирекции в музей «Медиана» (Сербия).

Работа принимала участие в международном смотре-конкурсе дипломных проектов в Ереване и получила диплом первой степени и почетную грамоту.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Есаулов Г. В.* Архитектурно-градостроительное наследие Юга России: его формирование и культурный потенциал: автореф. дисс... д-ра арх. М., 2004.
2. *Греков Н. И.* Сохранение и современное использование архитектурно-археологических памятников (на примере античных и раннесредневековых памятников) : автореф. дисс... канд. арх. М., 1985. С. 1.
3. Дрча С. Медијана. Ниш: Народни музеј, 2006 (Ниш: Пеликан). 66 с.
4. *Rakocija M.* Ancient Christian Baptistry Complex in Mediana, nearby Nis // Nis&Byzantium. Symposium. VIII. Nis, 2009. P. 61—98.
1. *Esaulov G. V.* Arhitekturno-gradostroitelnoe nasledie Yuga Rossii: ego formirovanie i kulturny potentsial : avtoref. diss... arch. M., 2004.
2. *Grekov N. I.* Sokhranenie i sovremennoe ispolzovanie arkhitekturno-arkheologicheskikh pamyatnikov (na primere antichnikh i rannesrednevekovykh pamyatnikov) : avtoref. diss... kand. arkh. M., 1985. S. 1.
3. Drcha S. Mediana. Nish: Narodnii muzei, 2006 (Nish, Pelikan). 66 s.
4. *Rakocija M.* Ancient Christian Baptistry Complex in Mediana, nearby Nis // Nis&Byzantium. Symposium. VIII. Nis, 2009. P. 61—98.

© Антюфеева О. А., 2012

Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Антюфеева О. А. Новые формы экспонирования архитектурно-археологических памятников (экспериментальный проект «Музейно-археологический и культурный центр римско-византийского искусства “Медиана” в городе Ниш, Сербия») // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 182—186.

УДК 721.011.27

О. Г. Чеснокова

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОТНЫХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Освещены проблемы комплексного подхода к архитектурно-конструктивному проектированию многофункциональных объектов. Обобщен педагогический опыт архитектурно-конструктивного проектирования в рамках курсового и дипломного проектирования по специальности «Проектирование зданий».

К л ю ч е в ы е с л о в а: высотные здания, многофункциональные комплексы, комплексное моделирование полифункциональных объектов, архитектурно-конструктивное проектирование.

Problems of the integrated approach to architectural and constructive design of mixed-up objects are illustrated. The educational experience of architectural and constructive design as part of course and diploma design with the specialization in "Buildings design" is extended.

K e y w o r d s: high-rise buildings, mixed-up complexes, integrated simulation of polyfunctional objects, architectural and constructive design.

Моделирование и дальнейшее архитектурно-конструктивное проектирование высотного многофункционального объекта предполагают комплексный многоуровневый подход к проработке градостроительных, архитектурно-типологических и конструктивных вопросов.

На начальном этапе при выборе варианта функциональной матрицы моделируемого комплекса студент должен проследить его структурные связи с градостроительным и средовым окружением.

Модель нового многофункционального комплекса (МК) должна создать новую городскую доминанту — новый культурно-экономический «магнит»; объединить существующие городские объекты, стимулировать развитие города, быть связующим звеном в возникающем городском пространстве, соответствовать историческому и культурному контексту [1]. Все эти вопросы необходимо решить при выборе студентом окончательного варианта размещения задуманного им объекта. Формальный подход к выбору места для МК в городском окружении при курсовом и дипломном проектировании приводит к нивелированию градостроительного аспекта, что недопустимо при подобной тематике.

Взаимопроникновение структуры высотного МК и непосредственного городского окружения подчеркивает его уникальность. Соседствующее городское окружение рассматривается как пространственные рамки, влияющие не только на архитектурно-художественный образ МК, но и на его внутреннюю функциональную и пространственную структуру. МК обладает огромным потенциалом преобразования деловой, культурной и общественной жизни городской среды. Анализ этих аспектов позволит предвидеть различные способы использования окружающих территорий, учитывая циклы жизнедеятельности города, генетические особенности градостроительной ситуации.

После сбора информации проводится клаузура, в которой студент обобщает исследованный им творческий опыт, концентрирует оригинальные, по его мнению, идеи и формирует собственное решение объекта. На стадии анализа концепции МК появляется рабочая модель, отражающая задуманную

автором (студентом) планировочную структуру с функционально-технологическими составляющими объекта: отдельными блоками внутренних и внешних коммуникационных пространств (рис. 1).

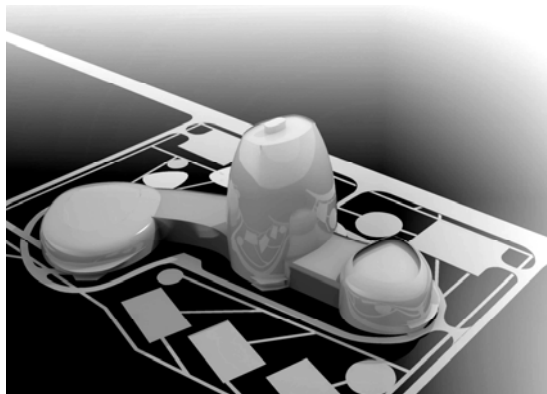


Рис. 1. Поиск формы. Концептуальная модель высотного многофункционального комплекса. Автор Киселева, ПЗ-1-05

Моделируемый МК должен соответствовать особенностям городского развития и обладать свойством динамической устойчивости [1].

Сложность создаваемой модели должна диктоваться взаимосвязями различных функций и отвечать требованиям каждой отдельной функции. Для этого необходимо использование новейших технологий.

Индивидуальное (уникальное) моделирование объекта основано на обеспечении качественно новых решений. Такие задачи открывают студенту широкие горизонты, раскрепощают его творческую мысль. Теперь уже не задание на проектирование, выданное преподавателем, диктует выбор конструкций, а сформированная идея влечет за собой подбор конструктивных и технологических решений. Подобный подход иногда вводит студентов в некоторый ступор. Привычка во всем доверять преподавателю, в то же время перекладывая на него всю ответственность за результат проектирования, сначала останавливает процесс, но после студент с интересом принимается за творческие исследования. Это уже не студенческий, а профессиональный подход к проектированию. Таким образом формируется авторский почерк нового архитектора.

Другим аспектом, учитываемым при создании комплексной концепции, является способность МК к активному привлечению экономически активного населения. При обсуждении этого аспекта студент осознает необходимость экономической целесообразности любого запроектированного объекта.

При создании динамической модели МК необходимо учитывать следующие принципы: объект должен иметь возможность изменяться с течением времени, с возникновением новых технологий в архитектуре и дизайне.

Динамическая модель — это не программа очередности строительства, а возможность направленного преобразования на всех уровнях: вариативности архитектурных решений, обновления функциональной структуры, замены материалов на более перспективные и, наконец, возможности кардинальной смены функции всего комплекса.

Потребуется разработать индивидуальные программы для каждого блока МК с учетом возможности изменения программ или состава блоков в будущем. Уверенность в стабильной, неизменяемой структуре блоков, услуг, форм деятельности создаваемого комплекса — это ошибочный путь, ведущий к постепенной деградации объекта. Нацеленность на постоянно обновляемые программы защищает от создания одноцелевого функционального использования блоков комплекса и усиливает акцент на новых технологиях, конструкциях, архитектурно-художественных решениях и постоянной пространственной экспансии функций на прилегающие территории. Таким образом, важнейшим аспектом моделируемого объекта является его способность к обновлению. Кроме того, необходимо учитывать и использовать возможности кооперирования блоков комплекса.

Удачная модель МК характеризуется силой его будущего воздействия на общественную жизнь в городе, возможностью распространения его влияния на прилегающие городские территории. На стадии моделирования необходимо обдумать перспективную программу функционирования, рассчитанную на поэтапный процесс развития. В связи с этим при моделировании и дальнейшем проектировании ведущей функции каждого специализированного блока высотного МК необходимо дополнять ее сопутствующими функциями, такими как внешняя и внутренняя реклама и дополнительная информация, введение новых нетрадиционных услуг, специализированная торговля (особенно перспективное направление — импульсные покупки), экспресс-питание, клубный отдых и т. п. В новых экономических условиях становится актуальной организация дополнительных услуг населению, которые отвечают потребностям городской среды и активизации общественной жизни.

Важнейшее направление проектирования — уникальность объекта и поиск его индивидуального облика, диктуемый новыми функциями и обусловленный применением новых конструкций, материалов и строительных технологий.

В современном городе узок диапазон услуг, обеспечивающих городской досуг. Поэтому возникла необходимость в подобных объектах. При разработке проекта МК введение новых структурных уровней и форм обслуживания населения (уникальное, стандартное, попутное) дает возможность симбиоза разнообразных функций при сохранении единого архитектурного пространства [1].

Все объекты культурно-бытового обслуживания, торговли, общественного питания, блоки развлечений, выставочные и демонстрационные залы, оборудование среды, пассажей и дворики, включая малые формы, возможно тематически объединять общими семантическими символами, создавая собственный стиль. Таким образом, вырисовываются принципы построения МК: соподчиненность «магнитов», связи их между собой, единство основных и дополнительных услуг, экспансия функций во внешнюю среду города, кооперация и взаимозаменяемость блоков.

Проектирование высотных МК связано с двумя специфическими обстоятельствами: насыщением здания элементами вертикальных коммуникаций и необходимостью обеспечения прочности и устойчивости сооружения под воздействием ветра и сейсмики [2]. Устойчивость обеспечивают увеличение его размеров в плане и центрально-симметричная форма при ограничении соотношения высоты к ширине объекта. Увеличение размеров здания в плане при его центрально-симметричной башенной форме позволяет компактно разместить элементы верти-

кального транспорта, отвести под их размещение центральную, наименее ценную из-за отсутствия естественного освещения часть площади здания, и обеспечить минимальную протяженность горизонтальных путей эвакуации.

Эстетические вопросы проектирования, в первую очередь, связаны с выбором формы здания. Как правило, она бывает башенной, что соответствует акцентной роли таких зданий в застройке. Формы высотных МК имеют геометрический, скульптурный или символический характер. Форма доминирующего объема проистекает из форм типовых этажей.

Скульптурные или символические объемные формы строятся на сложении или переплетении элементарных форм, часто с их произвольными подрезками, наклонеми и округлениями наружных стен, вариантами их взаимопроникновения. Причиной создания сложных форм может служить сочетание в объеме разных функций. Компонировка зданий сложной формы должна контролироваться анализом условий их работы под нагрузкой: должна обеспечиваться равная жесткость в обоих направлениях, исключаться кручение и проч.

Для полноценного архитектурно-художественного образа МК важно использовать эстетический потенциал конструкций. Он может обеспечить выразительный крупный масштаб (например, в конструктивной системе «пучок труб»), индивидуальность (за счет разных схем членения наружной оболочковой конструкции), тектоничность (в ствольно-консольной системе) в не меньшей степени, чем цвет и фактура внешней отделки, размеры, форма и группировка светопрозрачных ограждений. В современной международной практике для выполнения несущего остова высотных МК применяют сталь, железобетон либо их сочетания. При этом выбор решения конструктивной системы здания весьма широк: это системы с рамным или связевым каркасом, различные варианты ствольных систем, оболочковая система, система «труба в трубе», «пучок труб» и др [2] (рис. 2).



Рис. 2. Дипломный проект высотного многофункционального комплекса. Автор Быховская, ПЗ-1-03

Технологии возведения несущих конструкций также многовариантны: от сборки на высокопрочных болтах стального каркаса с последующей огнезащитой, утеплением и облицовкой до железобетонно несущего остова сборной, сборно-моноклитной или моноклитной технологии возведения. Главным критерием при выборе конструктивной системы и технологии часто служит высота проектируемого здания. Жилая часть высотного МК — гостиница или апартаменты — могут решаться на основе конструктивных систем, свойственных жилым зданиям. Конструктивная система общественной части МК, находящейся, как правило, в стилобатной части, в большинстве случаев решается с применением конструкций, свойственных общественным зданиям: железобетонный или металлический каркас, моноклитный железобетон, разнообраз-

разные большепролетные или оболочковые конструкции. Наряду с бескаркасными конструктивными системами, выполняемыми с применением монолитного железобетона, широкие возможности обеспечивает метод подъема перекрытий по ядрам жесткости. Этот метод позволяет изменять в плане очертания контура перекрытий, достаточно свободно решать помещения общественного назначения в жилой части, размещать их на любом этаже здания, применять любую высоту этажа, разнообразно решать наружные ограждения.

Множество проектов высотных МК основано на ствольно-рамной (ствольно-каркасной), ствольно-оболочковой и ствольно-диафрагмовой системах [3]. Выбор ствольно-каркасной системы вполне оправдан ее преимуществами в свободе планировки и выбора варианта несущих конструкций наружных стен.

Высотные здания, как правило, характеризуются неравномерностью распределения силовых элементов в плане, определяющих их горизонтальную жесткость. Тем не менее, конструктивная схема здания представляет собой единое геометрическое тело, близкое к башне или пластине, если элементы, работающие на сдвиг (перекрытия, распорки, ригели, диафрагмы, связи), достаточно регулярно распределены по высоте. Зданием сложной макроструктуры следует называть сооружение, состоящее из двух и более объемов, дискретно связанных между собой. Общая жесткость таких зданий, характер поведения в ветровом потоке и при сейсмических воздействиях зависят от макроструктуры здания и параметров его элементов (башен, перемычек между башнями).

При создании модели высотного МК студент должен учитывать разные степени связанности или комплексности частей объекта, возможность организационно-технологических связей и соединения некоторых блоков для использования различными учреждениями. Симбиоз схожих организационно-технологических структур обладает высоким потенциалом дальнейшего развития.

Широко растиражированный ход — использование атриумных пространств, так же как и комплексная разработка внешней и внутренней информационно-рекреационной инфраструктуры МК увеличат ценность объекта.

Выделение в сложной структуре МК ведущего элемента, например делового блока как главного «магнита», определит построение иерархических связей. По отношению к ведущему элементу все другие элементы (предприятия торговли, общественного питания или культурно-бытового обслуживания и т. д.) будут низшими [1].

Взаимосвязи между блоками нужно выстраивать с учетом неравномерного функционирования МК в течение суток, т. е. периодической трансформации функциональной структуры.

Внутренняя инфраструктура комплекса повторяет городские улицы. Пребывание человека в здании является формой его деятельности в городе, обусловленной основными функциями — деловой, развлекательной, обслуживания, социальной и средовой. Поэтому, уже на стадии создания модели необходима разработка сценария функционирования МК.

Анализ сценарных программ деятельности должен учитывать разработку непересекающихся маршрутов различных групп, рационального объединения сходных маршрутов и объектов в соответствии с их использованием, сочетание блоков МК и согласованность режимов их работы с целью импульсного их

функционирования. Ничто не должно ограничивать широту и комплексность предоставляемых услуг и нарушать устойчивость комплекса.

Для разрешения конфликта между деловыми, досуговыми и творческими программами деятельности комплекса необходимо предусмотреть возможность проведения не только сквозных, но и отдельных способов использования помещений и пространств. Разделение на блоки и группы помещений производится как во времени (по режимам работы учреждений и доступности помещений), так и в пространстве (вертикальное и горизонтальное зонирование).

В каждом блоке следует предусмотреть условия как для коллективных, так и индивидуальных программ. Для ориентации во всем многообразии программ, услуг, занятий, режимов и возможностей выбора личных сценариев досуга следует предусматривать размещение специальной системы аудиовизуальной информации с электронным табло, движущейся рекламой, ориентирами, символами и пр.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методические рекомендации по проектированию комплексов общественных центров / О. П. Кравченко, С. И. Алексеева, О. П. Троицкая, Н. И. Рожина, Р. С. Хайретдинов, В. З. Черняк. М. : 1991.
2. Николаев С. В. Высотное строительство, подземное строительство — стратегические направления градостроительного развития // Жилищное строительство. 2005. № 9.
3. Маклакова Т. Г. Высотные здания. Градостроительные и архитектурно-конструктивные проблемы проектирования. Изд. 2-е, доп. М. : АСВ, 2008. 464 с.
1. Metodicheskiye rekomendatsii po proektirovaniyu kompleksov obshchestvennykh tsentrov / O. P. Kravchenko, S. I. Alekseeva, O. P. Troitskaya, N. I. Rozhnina, R. S. Hairtdinov, V. Z. Chernyak. M. : 1991.
2. Nikolayev S. V. Vysotnoye stroitelstvo, podzemnoye stroitelstvo — strategicheskie napravleniya gradostroitel'nogo razvitiya // Zhilishnoye stroitelstvo. 2005. № 9.
3. Maklakova T. G. Vysotnye zdania. Gradostroitelnye i arhitekturno-konstruktivnye problemy proektirovaniya. Uzd. 2-e, dop. M. : ASB, 2008. 464 s.

© Чеснокова О. Г., 2012

Поступила в редакцию
в феврале 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Чеснокова О. Г. Особенности методики архитектурно-конструктивного проектирования высотных многофункциональных комплексов // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 187—192.

УДК 712.3/.7:711.7

V. Joklova, A. Bacova

EFFECTIVE HOUSING DESIGN

Consideration of the effective housing design as the perspective of the most comfortable living conditions formation, based on the historical examples of traditional Slovak house. Elaboration of the effective housing design methodology using three key synergetic scenarios — scenario-spatial quality, social and environmental quality of the spirit the script quality.

Keywords: living standards, flexible structure, vernacular housing, methodology, ecology, spatial scenario, social quality scenario

Introduction. Effectiveness in the understanding of efficiency in general terms indicates the relationship between the inputs and outputs, between benefits and expenditures. An efficient design aims to achieve specific goals (e.g. ecological design, low energy buildings, accessible housing...) by the optimization and minimalization of necessary resources. On the other hand an effective design tries to reach a balance between all the elements involved and should be handled with more complex design parameters, which frame the basic principles of effectiveness in architectural and urban housing design.

Effective housing respects the principles of sustainable development and respects the natural, cultural and social environment. This basic preamble specifies the substance for effective design. It aims for the creation of optimal and attractive living environments, where the „attractiveness“ corresponds with the creativity, design invention, design form and spatial quality, while the „optimisation“ refers to the objective inputs (norms, standards, proportions, constructions...).

In the background of the optimal living environment is the correlation with the specific needs of inhabitants in the specific living space. These needs vary according to the various living standards. Each housing design should fulfil the basic standard requirements, such as optimal density, good orientation, insulation, adequate layout and integration with open space. The requirements for effective housing vary due to the diverse design specifications, which correspond with the specific spatial development scenario together with the specific social scenario and ecology design approaches. Effectivity in housing design „can be characterized by the effective living conditions“. It is therefore linked with the specific human situations and local natural, cultural and social conditions and tries to find optimal solutions to simple questions of the assignment — what to design, how many, for whom and how?

We can assume, that the number of possible living scenarios, which substantially differ, is not small. The general approach of effective design is therefore to concentrate on the dominant or anticipated living scenario for each society. The aim is not to create specific spaces for every living scenario or lifestyle, but to design flexible structures, which can effectively work in different contexts.

Can we refer the effectivity to vernacular housing? Throughout the history of humankind, dwelling units have been constructed in locations which facilitate survival, e.g. near water, building and food resources, with regards to security. Architectural shapes and dispositions have been strongly determined by the utilization of local building materials, by the climate and landscape conditions, by social structures and working forms. Vernacular architecture is a good example of intuiti-

tive building effectiveness insofar as many variables — climate, materials, living styles,... — are integrated in the house form. Traditional houses were economy sized and formed and regardful of the living environment. Slovak autochthonous housing architecture applied not only local sources, but utilized the fruitful folk traditions and practices as well. It has many regional differences as the result of the heritage of generations, which have adapted their life to the natural, social and cultural conditions of specific region. In the north, mountainous part of Slovakia where there are many woods, the basic building material has been timber and woodcraft has been integrated to the day-to-day activities of people's lives. Over centuries the repeated construction of wooden houses with two or three interior spaces, covered by wooden shingles, embodied the effective unity of material, construction and architectural form (Fig. 1).



Fig. 1. Wooden folk architecture of north Slovakia, Orava



Fig. 2. Traditional houses from south Slovakia, Hont

In the southern part of Slovakia houses were constructed from clay. This material was combined with stone and partly with timber, wattle and straw. The columned entrance — veranda, with its stuccoed or carved decorations, represented the more boastful housing architecture (Fig. 2).

Prefabricated mass housing production as one-sided effectivity and its problems. Technology of panelled construction, which started in Slovakia in 1956 and was dramatically expanded from the 1970ties until the 1990ties, generated new types of housing structures and dwelling units (Fig. 3). Approximately 1,9 million

Slovaks live in panel houses. Mass production of prefabricated residential houses was relatively cheap, rapid and economical; quite effective in the actual time period. Some types of the flats still keep with the layout and disposition effectivity. Urban concepts followed the optimal, strictly defined standards, of the dwelling proximity to basic amenities, transport and services.



Fig. 3. Panelled suburb, Bratislava — Dlhé Diely

Prefabricated house production solved a shortage of flats and was considered very progressive, but at the same time it caused big problems. Dominant features of the new suburbs are the monotonousness, uniformity, monofunctionality and distorted space perception. Existential anonymity, space disintegration and monotonous architectural appearance often induce antisocial behavior of the inhabitants and lower the perception of safety in the living environment.

The renewal and rehabilitation of panelled residential districts is very important nowadays and includes mainly the issues of humanization of the environment, concentrating and compacting the housing structures, creation of public and central spaces, enhancing the architectural image and creation of visual accents.

Methodology of effective housing design. Effective housing is relatively new concept in the urban and architectural design, up to now primarily connected with the costs or energy efficiency. In our research we aim to apply more complex view on the effective design, which includes the sustainability, objective standard inputs and creative design approaches. Research in the effective housing design generates the methodical tools for the contemporary housing structures and units. As a result the methodology with three synergistic scenarios with variable thematic parameters is presented.

Housing design considers various design parameters. Reasonable definition and application of the effective design parameters can create the design tools, which can be used for the desired effective urban and architectural housing structures. The effectivity of the design is subject to appretiation and application of the actual conditions, including the sources, needs and development strategies. There is a wide range of parameters to consider in effective housing design, some measurable and some not. Further exploration of respective variable parameters led to the compilation of their basic categories. Parameters, which vary in the hierarchy and criterion, form the basic tool for the effective design in the specific conditions. As indicated by the schematic presented in the Fig 4, the process of effective housing design, which respects the principles of sustainable design, is facilitated by three synergistic scenarios:

1. Spatial quality.
2. Social quality scenario.
3. Ecological quality scenario.

Variable parameters are associated with each scenario and unpacked in the descriptions below. The combination of dominant variables from each scenario are brought together to create the overall design. The desired result and viable housing design is achieved by the upright feasibility management of the variables within synergistic scenarios.

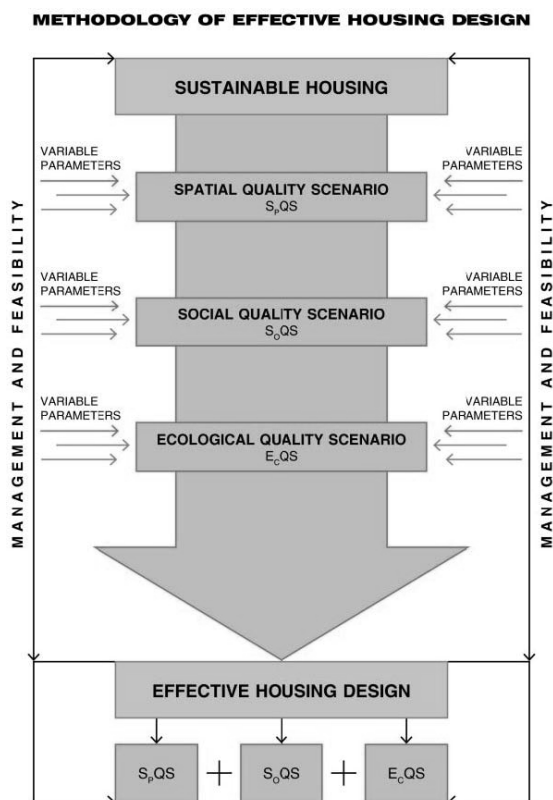


Fig. 4. Methodology of effective housing design; Bacova A. — Joklova V., 2010

Description of the scenarios. In the following sections are described the basic parameters with their characteristics and the requirements to achieve effectiveness in each one of the three scenarios.

In the following sections are described the basic parameters with their characteristics and the requirements to achieve effectiveness in each one of the three scenarios.

1. Spatial quality scenario. Development scenario of the spatial quality monitors primarily the over-all level of the urban and architectural design. It deals with the appretiation and optimal integration of the local context to the effective design of housing structures. Understanding and optimal implementation of the natural and cultural sources, landscape and existing urban structure, flexibility and prospective aspirations of the site, layout, density, form, size and the requirements and living standards of the future inhabitants can strongly affect the consequential housing design. Table 1 shows basic input parameters for the effective spatial quality scenario.

Table 1

Input parameters and their characteristics for the effective spatial quality scenario

Parameters	Characteristics
Local sources	Understanding and respect of local sources — natural sources (landscape, climate, topography, ecosystems, water and raw materials) and cultural sources (existing architecture, traditions, implementation to neighbourhood structures and new development)
Landscape and urban design	Optimal integration of the local sources and neighbourhood connections to the design quality of a rich and stimulating housing environment
Mobility, transport and connections	Optimal design and design ratio of public transport system; walking and cycling systems; car-parking system. Creation of car-free areas by the optimized distribution of space for various functions (eg. dwelling, working, shopping, education, relaxation, services) within walkable distances; reduction of parking areas; utilization of existing transport networks (e.g. railway system) for public traffic network; optimal proximity and good connections to neighbourhood
Mixed land use	Creation of mixed areas with the optimal proportion of residential units, amenities, working and public spaces. Design of the convenient and pleasant spaces for the largest possible spectrum of users, dwellers.
Amenities and utilities	Creation of the attractive network of public spaces, with the appropriate amenities, convenient access to facilities. Optimal design of the services, which refers to the housing standards. Effective spatial quality scenario deals for example with the creation of the complete, compact, functional and attractive central public spaces in the new residential structures, which can be comparable with the attractiveness of historical central areas of European cities
Greenery and free time areas	Optimal design of the amenities for rest, leisure and sport activities, distances to open landscape greenery
Urban and architectural layout	Optimal and flexible housing and urban design space structure and dispositions, reflecting the natural and climatic conditions, orientation, ground relief, social housing structure, living scenario and demography trends
Size and forms	Application of an appropriate size, scales and forms on urban and architectural level, optimal integration to existing urban structure
Density	Optimal design of number of inhabitants or dwellings per hectare; number of dwellers per housing unit; number of overground storeys; floor space index; ground space index or the portion of the greenery
Distances	Optimal proximity of the housing unit to working facilities, transport systems, amenities, utilities, sport, recreation and greenery
Flexibility and vision	Design of the housing structures with the understanding of prospective development of the site, life and social scenarios; with the possibility to make appropriate changes in the housing environment, structure or unit

2. Social quality scenario. Social quality scenario deals with the appretiation and optimal design of the living space for people. Effective housing design should support the life style and eliminate the stresses resulting from the life in the artificial, urban environment. Design of effective residential space should consider the

specific cultural and social traditions, which can be influenced by the major characteristics of ethnicity/ nationality, or simple by the climate. Sustainability of the housing concepts along with the social responsibility are the basic aspects of the contemporary housing design. Social differences induce the necessity of the diversified housing concepts, which could answer the variable requirements of social groups. Social scenario is at the same time affected by the demography conditions, prevailed living scenarios and family patterns.

Table 2

Input parameters and their characteristics for the effective social quality scenario

Parameters	Characteristics
Social and cultural living patterns	Effective design should recognize the social dynamics and local living patterns of the community and support them by the appropriate spacial design. It is important to implement the actual living prototypes to the design of appropriate housing structures
Demography and family patterns	It is important to reflect the anticipated demography trends, social structures, living, working and family patterns and theirs adaptability according to the actual needs. Dwelling is the home for the family, irrespective of the number of its members. Effective housing design should apply and predict the prevailing structure of the family in approaches to sustainable dwelling design. It should support the dwellers in their variable living situations (from young communities, students, families with and without children, housing for more generations, to senior housing, housing with nursing needs...)
Social interactions	Effective design should suppress the phenomenon of „social loneliness in the city” by the adequate articulation of private, semi private, semi-public public and public spaces, which effectively facilitate the social contacts within variable living context. It is important to support urban vitality and street life
Accessibility and inclusion	Effective design parameter should answer the conditions for design for all, design without barriers, design for vulnerable social groups, seniors, students, young families, ethnic groups; accessibility of functions within walking distances
Social diversity and availability	Understanding and implementation of social differences, which result in the optimal design of the diversified housing concepts. Effective concept should explore the economic patterns and standards of prospective dwellers for the realization of economically viable housing forms
Safety	Effective design should emphasize the feeling of the communal and individual safety within the residential district, housing structure, or unit. It includes the appropriate perception of the space, illumination, orientation, noisiness, public control
Community and participation	It is important to involve all stakeholders in the development area (inhabitants, owners, associations, experts...) already in the design process, enabling thus to recognise the real demands and needs of future users. Such policy is embodied in the Aarhus Convention (adopted in June 1998), which follows a new kind of environmental agreement. It establishes, that sustainable development can be achieved only through the involvement of all stakeholders

3. Ecological quality scenario. Ecological quality scenario preferably monitors and manages the optimizations and provident approaches in the utilization of natural resources; the selection of appropriate technologies and building materials, which guarantees the low energy concepts and sustainable design. Thus the design is conformable with the directive conditions of European Union with the desirable standard of “nearly zero energy buildings”. The scenario deals as well with the recycling and waste management and the optimization of the life-cycle of the housing structures.

Table 3

Input parameters and their characteristics for the effective ecological quality scenario

Parameters	Characteristics
Ecological aspects	Effective design should consider good location, orientation and dispositions of housing units, with compact volumes and high standard of insulation for energy efficiency; recycling of wastes; rain water and gray water collection and circulation; roof gardens; green walls
Technology and materials	Adequate selection of materials and technologies used with regard to the sustainable design, with utilization of local and recycled sources and respecting low energy design
Energy efficiency	Optimal concept of energy consumption of the dwelling in the phase of construction (as well the energies and transport needs for the building materials) and usage. Design of low energy (< 30kWh/m ² a) or passive houses (<15 kWh/m ² a). Usage of inconvenient energy sources and production of energy from local renewable sources (wind, solar pannels, biomass, wood chips, biogas)
Waste management and recycling	Optimal design considers the waste disposal with the possible lowest energy spend; water filtration and recycling; gray water utilization; waste separation. Design of ecological life-cycle of the building
Ecological ethics	Design of the structures and utilities, which support the ecological feeling and ethics of inhabitants; separated and accessible waste management; excrement baskets; enabling public control

Summary. The theme of effective housing design is a permanent and open challenge, which becomes a leit-motiv for actual professional discussions and new creative projects. The main reason descends from the characteristics of apartment buildings as the witnesses of human lifetime and represents a fertile ground for experimentation in architectural and urban design. In the crisis affecting the developed world it can lead to new reflections and inventions, including the rehabilitation of collective and social dwellings and the looking for adequate housing prototypes. As the consequence effective housing creates the environment, which is humane to their users and society. Presented synergistic scenarios with the variable parameters in our research generate the open and flexible system of guidelines and principles of the topical design of housing structures and residential units. The scenarios are open for updating, completion and adaptation. This methodical concept was implemented and tested in the pedagogic process of the third Oikodomos workshop and at the Faculty of Architecture STU in Bratislava.

© Joklova V., Bacova A., 2012

*Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.*

Ссылка для цитирования:

Joklova V., Bacova A. Effective housing design // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 193—199.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ

УДК 521.0.11:551.4

В. Н. Анопин, А. С. Рулев, О. Ю. Березовикова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ КАРТОГРАФИРОВАНИИ УРБОЛАНДШАФТОВ г. ВОЛГОГРАДА

Рассмотрены методы использования ГИС-технологий для ландшафтного картографирования городских территорий, основанные на синтезе программных компьютерных технологий, методов пластики рельефа и приемов выделения бассейновых ландшафтных структур (водосборов). Разграничение городской и пригородной территорий предлагается проводить в соответствии с принципами функционального зонирования территорий городов на основе данных дистанционного зондирования (космоснимков высокого разрешения).

К л ю ч е в ы е с л о в а: ГИС-технологии, ландшафт, урбанизированная территория, метод пластики рельефа, морфоизографа, водосбор, ландшафтный профиль.

Methods of GIS-technologies using for mapping the landscape of urban areas which based on the synthesis of software computer technology, methods and techniques of relief sculpture selection basin landscape structures (catch basin) are described. The delineation of urban and suburban areas is encouraged to undertake in accordance with the principles of functional zoning of cities on the basis of remote sensing data (high resolution satellite images).

K e y w o r d s: GIS-technology, landscape, urban territory, relief plastic method, morphoiso-graph, catch basin, landscape profile.

Необходимое для рационального планирования городского строительства и ведения городского хозяйства картографирование урбанизированных территорий является достаточно сложной работой. Это обусловлено большим объемом информации, в т. ч. аэрокосмической, и необходимостью оценки экологических и социально-экономических факторов, зачастую представленных в виде качественных характеристик. Весьма проблематичным является выявление результатов наложения этих факторов друг на друга в пространственно-временной динамике и, как следствие, построение оценочно-прогнозных моделей [1].

Решение проблемы может быть достигнуто использованием геоинформационных технологий (ГИС-технологий), разработанных и применяемых на базе современных электронных средств обработки информации. Применение ГИС-технологий дает возможность интегрировать аэрокосмический мониторинг, математическое моделирование и компьютерное картографирование в единый процесс, обеспечивающий проведение исследований на более высоком уровне.

Картографическое отображение природно-ресурсного потенциала средствами ГИС дает наглядную картину экологического состояния территории, а также его изменения в результате землепользования [2] и воздействия предприятий промышленности, жилищно-коммунального хозяйства, транспорта и т. д.

Наряду с картографированием, являющимся составной частью ГИС, цифровые, космо- и аэросъемочные технологии находят применение: в инспекции технического состояния инженерных объектов, экологической и геоморфологической обстановки; проектировании и реконструкции существующих сооружений линейного типа (трубопроводов, линий электропередач); мониторинге и прогнозе чрезвычайных ситуаций и т. п. [3].

Из всего разнообразия тематических карт наиболее универсальной является ландшафтная карта, выполняющая функцию основы для теоретических исследований, обобщений и выработки практических рекомендаций для различных направлений хозяйственной деятельности. Разнообразие современных ландшафтных карт обусловлено широким диапазоном их масштабов, главного назначения — подходов к классификации объектов картирования и различиями методик. Из всех видов антропогенных ландшафтов наиболее сложным является картографирование урбандиафтов, обусловленное тем, что изучение воздействия на экосистемы урбанизации и индустриализации в настоящее время находится, по мнению исследователей, в стадии накопления данных [4]. В связи с этим нами был поставлен на проработку вопрос выполнения среднемасштабного картографирования ландшафтной структуры города Волгограда на основе использования космоснимков высокого разрешения Quick Bird.

Ландшафты на урбанизированных территориях претерпели глубокие изменения вследствие густой застроенности и других видов освоенности территорий. Однако и в измененном виде они сохранили свои главные особенности, в том числе практически неизмененную геологическую и малоизмененную геоморфологическую основу. Поэтому ландшафтную структуру урбанизированной территории целесообразно рассматривать с точки зрения ландшафтно-географического подхода [5], в основе которого лежат два положения: во-первых, ландшафт и его структурно-геоморфологические составляющие в географическом пространстве имеют общие и четкие границы, поэтому, в первую очередь, необходимо учитывать геоморфологические особенности ландшафта, и, во-вторых, природоохранное и мелиоративное обустройство территории должно учитывать катенарную дифференциацию ландшафтов, наиболее ярким выражением которой является ярусность рельефа. За таксономическую основу базового типа биогеоценоза ландшафта целесообразно принимать почвенный контур [4].

Тематические карты можно создавать, применяя различные ГИС-пакеты, но самой распространенной в нашей стране инструментальной ГИС настольного типа является MapInfo Professional. Она позволяет просматривать и обрабатывать графические изображения, составлять и редактировать цифровые карты, выполнять построение графиков и диаграмм, работать с базами данных, осуществлять поиск по запросу и т. д. [6].

Процесс геоинформационного картографирования состоит из нескольких этапов. На начальном этапе вся исходная информация вводится в компьютерную среду ГИС. Путем сканирования картографические и аэрокосмиче-

ские материалы переводятся в цифровой формат. Полученные растровые изображения регистрируются, то есть привязываются к какой-либо географической основе, которой обычно является топографическая карта. Затем, используя растр как подложку, переходят к созданию векторной карты, для чего производят послойную оцифровку растра, применяя разнообразный инструментарий, предоставляемый MapInfo. Полученную цифровую карту информационно насыщают, внося в генерализованном виде специальное содержание. При генерализации обобщают качественные и количественные показатели элементов содержания (при разработке легенды), по укрупненным показателям выделяют отдельные объекты (участки) и обобщают их очертания (контуры, границы). Главное содержание отображают средствами оформления (фоном, штриховкой, условными знаками и т. д.). Легенду к цифровой карте в MapInfo удобно создавать автоматическим способом, используя «мастер построения легенд». На заключительном этапе окончательно откорректированную и оформленную цифровую карту выводят на печать, оставляя в памяти компьютера для визуализации на экране.

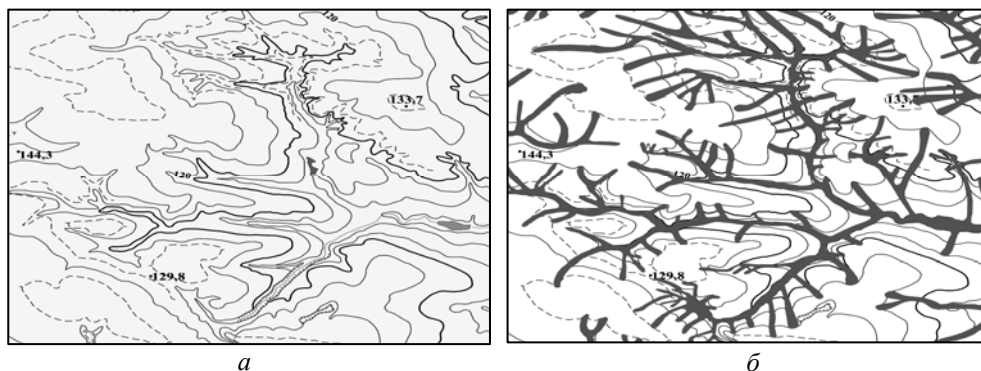
Город Волгоград расположен на юго-востоке европейской части России, на правом берегу реки Волги, в нижнем ее течении на стыке трех геоморфологических структур — Приволжской и Ергенинской возвышенностей и Прикаспийской низменности. Большая часть территории города расположена на южном окончании Приволжской возвышенности. Городские земли вытянуты вдоль реки на расстояние более 70 км при ширине от 3 до 10 км. Плоские и слабовыпуклые водораздельные пространства постепенно переходят в склоны речных долин и балок. Восточный склон Приволжской возвышенности опускается к Волге ясно выраженными террасами, расчлененными эрозионной сетью. Непосредственно к склону примыкает абразионная терраса, имеющая абсолютные отметки более 30...50 м. В пределах городской территории (с севера на юг) склоны обеих возвышенностей прорезают речные долины Мокрой Мечетки, Царицы, крупные овражно-балочные системы Сухая Мечетка, Ельшанка, Купоросная, Григорова, Отрадная, Капустная и Чапурниковская. Комплекс осадочных пород на территории Волгограда представлен отложениями палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем. Волгоград расположен в зоне каштановых почв, в светло-каштановой подзоне. Преобладают светло-каштановые почвы различного гранулометрического состава и степени солонцеватости. Древесная растительность представлена городскими зелеными насаждениями, естественными байрачными лесами и искусственными насаждениями зеленой зоны города, так называемого «зеленого кольца». Площадь городских лесов Волгограда составляет 13858,2 га.

При составлении ландшафтной территории Волгограда выполнялся сопряженный анализ карт, полученных методом пластики рельефа, и карты ландшафтной ярусности, построенной на основе позиционно-динамического принципа выделения ландшафтных структур [7]. Метод пластики рельефа, разработанный А. Н. Ласточкиным [8], А. А. Ильиной [9], заключающийся в установлении по изогипсам топографических карт границ между выпуклыми и вогнутыми формами рельефа, позволяет получить базовую основу ландшафтной карты.

Составление карты пластики рельефа проводилось в несколько этапов. Работа начиналась с анализа по литературным и картографическим источникам, аэро- и космоснимкам геоморфологических и других физико-

географических особенностей территории. При этом устанавливался тип территории и характер ее строения. Следующий этап состоял в «разгрузке» топографической подосновы от ситуационной информации (оставляли гидрографическую сеть, горизонтали и отметки высот характерных точек). Операцию выполняли путем векторизации листа топографической карты, предварительно переведенного в цифровой формат. Векторизацию проводили вручную обведением горизонталей сканированной подосновы (топографической карты Волгограда М 1:100000) в графическом пакете Corel Draw инструментом свободного рисования (кривая Безье) [10]. На полученной топографической основе обозначали линии водоразделов и тальвегов (так называемые «каркасные» линии), выделяя склоны бассейнов разного порядка. Водораздельные линии и тальвеги проводили по «замку» горизонталей — через точки наибольшей кривизны выпуклого и вогнутого участка кривой. Между линиями водораздела и тальвега, учитывая направление поперечного и продольного уклонов поверхности земли, по точкам перегиба горизонталей проводили морфоизографы — линии равной формы поверхности, являющиеся границами между понижениями и повышениями. Все операции по прорисовке морфоизограф осуществляли в программном комплексе Adobe Photoshop (рис. 1).

На заключительном этапе составления карты пластики рельефа выполняли корректировку контуров по космоснимкам Quick Bird близкого масштаба и по ландшафтным профилям на ключевых участках.



а

б

Рис. 1. Составление карты пластики рельефа: *а* — разгруженная топографическая основа; *б* — морфоизографа

По контурам пластики в качестве вспомогательных составляли карты крутизны склонов земной поверхности и карты водосборов.

Построение ландшафтных профилей и подсчет площадных характеристик выполняли с использованием программного пакета AutoCAD, обладающего удобным интерфейсом и возможностью практически «бесконечного» масштабирования изображения, а также широким набором инструментов выделения объектов — от правильных геометрических фигур (прямоугольник, эллипс) до произвольных (полилиния, сплайн). Использование режимов объектной привязки дало возможность точно стыковать контуры, исключая их наложение друг на друга и образование зазоров между ними, тем самым повысить точность вычисления площадей.

В проведенном исследовании города Волгограда в качестве восточной границы была принята р. Волга, западной — линия Волго-Донского водораздела, вблизи которой в 40—50-х годах XX века были созданы Государственные защитные лесополосы Камышин — Волгоград и Волгоград — Элиста — Черкесск. Между линией Волго-Донского водораздела и селитебной территорией расположены лесонасаждения «зеленого кольца», различные объекты городской инфраструктуры (кладбища, полигоны твердых бытовых отходов, песчаные карьеры и т. д.) и пространства, занятые сельскохозяйственными угодьями. Для определения границ площадей городской и пригородной зон по космоснимкам Quick Bird были выявлены и оконтурены основные функциональные зоны города: многоэтажная жилая застройка, малоэтажная индивидуальная застройка, промышленные и складские территории, дачные массивы и сельскохозяйственные угодья. Общая площадь города в выделенных границах составила 565,0 км², в том числе площадь пригородной зоны — 250,8 км².

Основной территориальной единицей исследования являлась ландшафтная полоса, которая, будучи тесно связанной с каркасными линиями рельефа, отражает зависимость комплекса природных условий и процессов от высотного положения элемента рельефа. Группы территориально смежных и связанных однонаправленным вещественно-энергетическим потоком ландшафтных полос объединялись в ландшафтные ярусы — плакорный, склоновый и долинный.

В качестве основного метода исследований было использовано ландшафтно-экологическое профилирование, позволяющее установить взаимосвязи и взаимодействия между компонентами ландшафтов и уточнить границы ландшафтных структур. Профили закладывались поперек простирающихся основных форм рельефа с таким расчетом, чтобы они проходили через плакоры, приводораздельные и прибалочные склоны, гидрографическую сеть. Это позволило уточнить и скорректировать контуры среднemasштабной ландшафтной карты.

Результаты сопряженного анализа карты пластики рельефа, значений уклонов поверхности и расположение водосборов обусловили выделение на территории города и его пригородной зоны пять крупных ландшафтных полос (рис. 2):

1. Водораздельные поверхности (плакоры) — плоские и слабоволнистые равнины с крутизной поверхности 0...0,5°, со светло-каштановыми почвами; в пределы города попадают только к северу от балки Ельшанки и являются застроенной территорией либо крупными озелененными массивами (Мамаев курган).

2. Приводораздельные склоны (0,5...3°) различных экспозиций со светло-каштановыми слабо солонцеватыми почвами с единичными пятнами солонцов; застроены частично.

3. Прибалочные склоны (3...10° и более) различных экспозиций и придолинные склоны (3...10°), как правило, восточной, юго-восточной и северо-восточной экспозиций со светло-каштановыми почвами, в различной степени смытыми, в комплексе с солонцами. Прибалочные склоны в черте города заняты преимущественно индивидуальной застройкой, иногда дачными массивами.



Рис. 2. Фрагмент ландшафтной карты г. Волгограда

4. Хвалынская абразионно-аккумулятивная терраса с абсолютными отметками 30...50 м и слабым уклоном к Волге, со светло-каштановыми в разной степени окультуренными почвами, а также техногенно-насыпными грунтами (практически вся территории города занята промышленной и жилой застройкой).

5. Гидрографическая сухоходольная сеть волжского склона со светло-каштановыми суглинистыми смытыми почвами на склонах и лугово-каштановыми по днищам балок; местами сохранились остатки байрачных дубрав.

Долевое участие ландшафтных структур в пределах городской территории представлено в табл.

Анализ ландшафтной структуры городской территории в выделенных границах показывает, что большую часть территории занимают склоновые земли, из которых, в свою очередь, преобладают приводораздельные склоны. Основная часть плакорного яруса (81,6 %) расположена в пригородной зоне вблизи Волго-Донского водораздела. В границы застройки в северной части города входят лишь небольшие межбалочные плакоры. Южнее балки Отрадной городская застройка практически полностью находится в пределах абразионно-аккумулятивной хвалынской террасы. Долинный ландшафтный ярус пригородной зоны сформирован только полосой сухоходольной гидрографической сети, представляющей собой разветвленные верховья балок волжского склона.

Ландшафтная структура города Волгограда

Ландшафтный ярус и ландшафтные полосы	Территория города (в выделенных границах)		Пригородная незастроенная территория	
	Площадь, га	% от общей площади	Площадь, га	% от общей площади
Плакорный	6419,9	11,4	5239,9	20,9
Склоновый	26325,2	46,6	14153,5	56,4
в т.ч. приводораздельная ландшафтная полоса	19183,6	34,0	10076,3	40,2
присетевая (продольная и прибалочная) ландшафтная полоса	7141,6	12,6	4077,2	16,2
Долинный	23754,6	42,0	5683,9	22,7
в т.ч. гидрографическая сухоходольная полоса	8365,0	14,8	5683,9	22,7
абразионно-аккумулятивная хвалынская терраса	15389,6	27,2	0,0	0,0
ВСЕГО	56499,7	100	25077,3	100

Совместный анализ главной природной составляющей — геоморфологической основы территории и современных элементов урбанизации в виде функциональных зон города — раскрывает широкие возможности: для разработки мероприятий по охране природы на урбанизированных территориях; выполнения проектных работ; планирования в селитебной зоне рационального освоения пригородной зоны.

Составленная с применением ГИС-технологий ландшафтная карта может быть использована в качестве основы для разработки тематических карт различного целевого назначения, например карт качественной оценки городских земель, экологического каркаса урбанизированной территории и т. д.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анопин В. Н., Рулев А. С. Картографирование деградированных ландшафтов Нижнего Поволжья. Волгоград : ВолГАСУ, 2007. 168 с.
2. Чабан Л. Н., Власова А. Г., Мынцов И. А. Концепция базы данных для геоинформационного моделирования природно-ресурсного потенциала интенсивно развивающихся территорий // Геодезия и аэрофотосъемка. 2011. № 4. С. 98—103.
3. Кушнир Л. Г. Новые методы инженерно-строительных изысканий // Геодезия и картография. 2007. № 9. С. 39—41.
4. Журкин И. Г., Чабан Л. Н. Выбор и расчет показателей при геоинформационном моделировании природно-ресурсного потенциала интенсивно развивающихся территорий // Геодезия и аэрофотосъемка. 2011. № 3. С. 102—107.

5. Рулев А. С. Ландшафтно-географический подход в агролесомелиорации. Волгоград : ВНИАЛМИ, 2007. 160 с.
6. Ерунова М. Г., Гостева А. А. Географические и земельно-информационные системы. Ч. 2. Картографирование средствами инструментальной ГИС MapInfo : методические указания. Красноярск : Изд-во Красноярск. гос. аграр. ун-та, 2004. 84 с.
7. Методические указания по ландшафтным исследованиям для сельскохозяйственных целей / Г. И. Швебс, Г. П. Ковеза, И. Н. Волошин и др. М., 1990. 58 с.
8. Ласточкин А. Н. Морфодинамическое истолкование геотопологической систематики элементарных единиц ландшафтно-экологической дифференциации // География и природные ресурсы. 1992. № 2. С. 13—22.
9. Ильина А. А. Особенности отображения элементов и форм рельефа на карте пластики // Метод пластики рельефа в тематическом картографировании : сб. науч. тр. Пушино, 1987. С. 23—32.
10. Колбовский Е. Ю. Ландшафтоведение. М. : Академия, 2006. 480 с.
1. Anopin V. N., Rulev A. S. Kartografirovaniye degradirovannykh landshaftov Nizhnego Povolzhya. Volgograd : VolGACU, 2007. 168 s.
2. Chaban L. N., Vlasova A. G., Myntsov I. A. Kontseptsiya bazy dannykh dlya geoinformatsionnogo modelirovaniya prirodno-resurnogo potentsiala intensivno razvivayushchihsya territorii // Geodeziya i aerofotosyemka. 2011. № 4. S. 98—103.
3. Kushnir L. G. Novye metody inzhenerno-stroitelnykh izyskani // Geodeziya i kartografiya. 2007. № 9. S. 39—41.
4. Zhurkin I. G., Chaban L. N. Vybory i raschyety pokazatelei pri geoinformatsionnom modelirovanii prirodno-resurnogo potentsiala intensivno razvivayushchihsya territoriy // Geodeziya i aerofotosyemka. 2011. № 3. S. 102—107.
5. Rulev A. S. Landshaftno-geograficheskiy podhod v agrolesomelioratsii. Volgograd : VNIALMI, 2007. 160 s.
6. Yerunova M. G., Gosteva A. A. Geograficheskiye i zemelno-informatsionnyye sistemy. Ch. 2. Kartografirovaniye sredstvami instrumental'noy GIS MapInfo : metod. ukazaniya. Krasnoyarsk : Izd-vo Krasnoyarsk. gos. un-ta, 2004. 84 s.
7. Metodicheskiye ukazaniya po landshaftnym issledovaniyam dlya selskokhozyaystvennykh tselei / G. I. Shvebs, G. P. Koveza, I. N. Voloshin i dr. M., 1990. 58 s.
8. Lastochkin A. N. Morfodinamicheskoye istolkovaniye geotopologicheskoy sistematiki elementarnykh edinit landshaftno-ekologicheskoy differentsatsii // Geografiya i prirodnyye resursy. 1992. № 2. S. 13—22.
9. Ilyina A. A. Osobennosti otobrazheniya elementov i form relefa na karte plastiki // Metod plastiki relefa v tematicheskoy kartografirovaniy : sb. nauch. tr. Pushchino, 1987. S. 23—32.
10. Kolbovskiy E. U. Landshaftovedeniye. M. : Akademiya, 2006. 480 s.

© Анопин В. Н., Рулев А. С., Березовикова О. Ю., 2012

Поступила в редакцию
в декабре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Анопин В. Н., Рулев А. С., Березовикова О. Ю. Использование ГИС-технологий при картографировании урболандшафтов г. Волгограда // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр.-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 200—207.

УДК 539.4

С. А. Бубнов, И. И. Овчинников

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS К РАСЧЕТУ ТОЛСТОСТЕННОГО ТРУБОПРОВОДА, ПОДВЕРГАЮЩЕГОСЯ ЛОКАЛЬНОЙ ВОДОРОДНОЙ КОРРОЗИИ

Рассматривается способ применения программного комплекса ANSYS к решению задач расчета напряженно-деформированного состояния и разрушения конструктивного элемента, находящегося в условиях неоднородной водородной коррозии.

К л ю ч е в ы е с л о в а: водородная коррозия, разрушение конструктивного элемента, локальный прогрев, метод конечных элементов, фронт обезуглероживания.

The method of program complex ANSYS application to the problems solution of the stress analysis and destruction of the constructive element which is in conditions of non-uniform hydrogen corrosion is considered.

К е у w o r d s: hydrogen corrosion, destruction of constructive element, local preheating, method of final elements, decarburization front.

Теоретические основы метода конечных элементов (МКЭ) были заложены еще в 1943 году Курантом [1]. С увеличением производительности вычислительной техники он, как и любой другой численный метод, получил широкое применение в задачах физики и техники. В последнее время появилось достаточное количество программных комплексов, реализующих МКЭ для решения различных типов задач. Одним из таких комплексов является ANSYS. Наличие встроенного языка параметрического программирования (APDL) позволяет адаптировать его к решению не совсем стандартных задач. Например, возможно осуществить учет воздействия водородсодержащей среды на моделируемый конструктивный элемент.

Исследованию влияния водорода и водородсодержащей среды на материалы элементов конструкций посвящен ряд работ [2, 3 и др.]. В результате водородной коррозии происходит изменение свойств материала (в худшую сторону), что сказывается на сокращении срока службы конструкции.

Рассмотрим толстостенную трубу, нагруженную внутренним давлением водородсодержащей среды $P = 24$ МПа и находящуюся в неоднородном и нестационарном температурном поле. Неоднородность создается радиальным перепадом температур и участком локального прогрева, температура которого линейно возрастает с течением времени. Температура на внутренней поверхности — $T_1 = 700$ К, на наружной — $T_2 = 720$ К. Температура локального участка возрастает от 720 до 764 К.

Первым этапом проведения расчета является построение геометрической модели объекта. В нашем случае ограничимся фрагментом объекта для экономии оперативной памяти ЭВМ в дальнейшем (рис. 1). Для удобства все построения выполнены в цилиндрической системе координат, которая активируется командой *csys,1*. Создание модели осуществляется путем твердотельного моделирования, т. е. указываются геометрические границы модели, определяются параметры управления размером и формой элементов, а затем программа автоматически выполняет построение всех узлов и элементов.

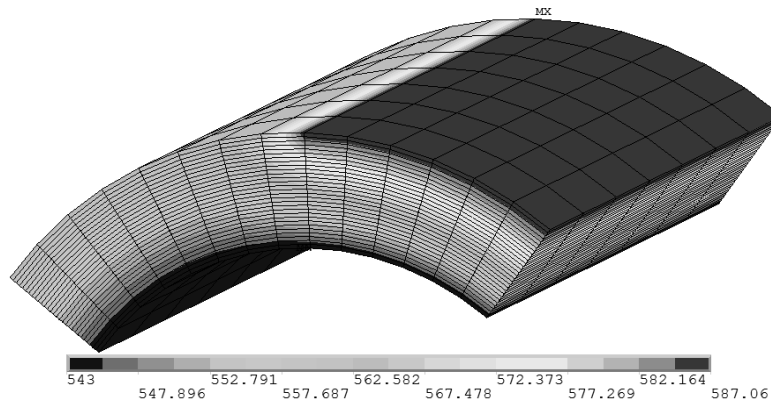


Рис. 1. Распределение теплового поля

Второй этап заключается в выборе типов используемых конечных элементов, соответствующих виду решаемой задачи, и разбивке геометрической модели на конечные элементы. В нашем случае первоначально требуется определить тепловое поле, т. е. решить нестационарную задачу теплопроводности. Для этой цели подойдет двадцатиузловой 3-D элемент Solid90 [4]. Упорядоченная сетка предпочтительнее свободной, поэтому разобьем все линии геометрической модели на отрезки, длина которых будет соответствовать размеру стороны конечного элемента. При построении упорядоченной сетки необходимо следить за тем, чтобы противоположно расположенные линии состояли из одинакового числа отрезков.

Третий этап включает в себя приложение нагрузок к рассматриваемому образцу и получение решения. Результаты сохраняются в файл для последующего использования их в качестве граничных условий в структурной задаче. На этом этапе необходимо провести вычисление значений параметра химического взаимодействия μ для каждого элемента в соответствующий момент времени, решив уравнение (1) шаговым методом, реализованным с помощью макроса.

$$\frac{d\mu}{dt} = k\mu(1 - \mu), \mu(t_0) = \mu_0, \quad (1)$$

где $k = k(P, T, II)$ — коэффициент, зависящий от давления P , температуры T и параметра поврежденности II . Его значение рассчитывается на каждом временном шаге на основе решенной тепловой задачи.

В ANSYS удобно поступить следующим образом: создать массив параметра μ , номер столбца которого соответствует номеру конечного элемента, а номер строки — моменту времени, для которого получено значение μ . Модуль упругости E^i и коэффициент Пуассона ν^i , а также коэффициенты B^i и n^i в уравнении установившейся ползучести для i -го конечного элемента в фиксированный момент времени будут зависеть от μ следующим образом:

$$E^i = E_0 - \mu^i (E_0 - E_1),$$

$$\nu^i = \nu_0 - \mu^i (\nu_0 - \nu_1),$$

$$B^i = B_0 \exp \left[\mu^i \cdot \ln \left(\frac{B_1}{B_0} \right) \right],$$

$$n^i = n_0 - \mu^i (n_0 - n_1),$$

где E_0 , ν_0 , B_0 , n_0 — коэффициенты для исходного состояния; E_1 , ν_1 , B_1 , n_1 — соответствуют обезуглероженному состоянию; μ^i — значение параметра химического взаимодействия для элемента i в фиксированный момент времени.

Аналогично массиву μ составим массивы для хранения значений E , ν , B , n . Таким образом, получим материал, свойства которого меняются по объему конструктивного элемента и по времени согласно изменению параметра μ .

При неравномерном тепловом поле необходимо учитывать зависимости модуля Юнга и коэффициент Пуассона от температуры. Будем считать их нелинейными как для исходного материала, так и для полностью обезуглероженного (рис. 2). За базовую температуру возьмем температуру на внутренней поверхности трубы.

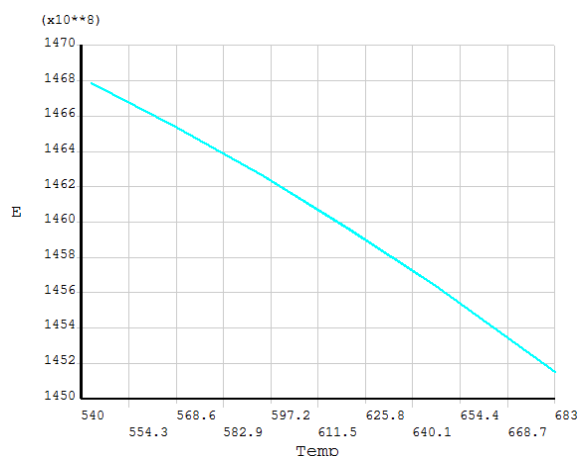


Рис. 2. Зависимость модуля упругости от температуры

В четвертом этапе необходимо сменить тип элемента на Solid186, чтобы определить напряженно-деформированное состояние рассматриваемой трубы.

Это можно сделать при помощи команды *ETCHG,ts*. Новые элементы имеют те же размеры, форму и координаты узловых точек, что и предыдущего типа. Решать задачу будем временными шагами от начального момента времени t_0 до момента разрушения, определяемому по достижению параметра поврежденности Π предельного значения в какой-либо точке конструкции [2]. На каждом временном шаге решается структурная задача с соответствующим набором характеристик материала, которые берутся из созданных ранее массивов. Промежуточные результаты также сохраняются в соответствующие массивы.

Рис. 3 иллюстрирует движение фронта обезуглероживания по толщине стенки трубы в зоне локального прогрева (а) и в «холодной» зоне (б). Видно, что в области повышенных температур обезуглероживанию подвергается большая часть сечения. Это приводит к снижению напряжений в обезуглероженной зоне и к повышению их в граничной необезуглероженной. Параметр поврежденности достигает своего предельного значения на внутренней поверхности трубы напротив зоны локального прогрева.

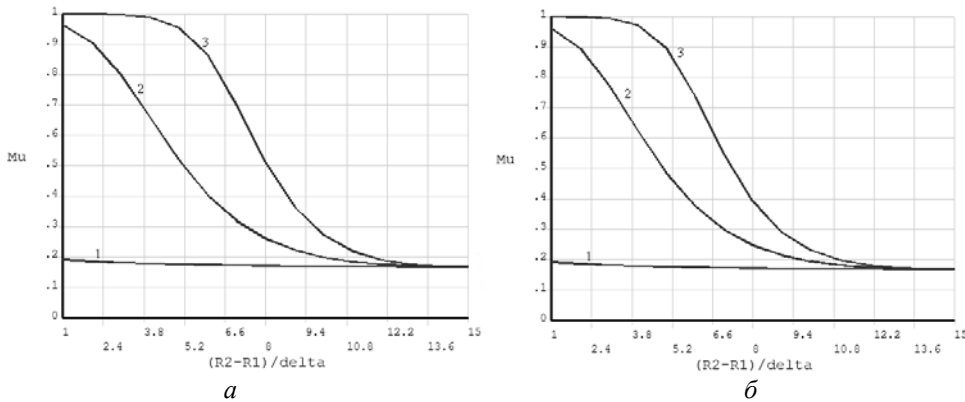


Рис. 3. Фронт обезуглероживания в зоне локального прогрева а и в «холодной» зоне б в различные моменты времени: 1 — 1 ч, 2 — 20 ч, 3 — 48 ч

Окружные напряжения (рис. 4) претерпевают неравномерное по сечению перераспределение в локальной зоне (а). В «холодной» области наблюдается более равномерное по сечению трубы изменение напряжений (б). Это объясняется тем, что перепад температур в этой области на внутренней и наружной поверхностях трубы не такой большой, как в зоне локального прогрева.

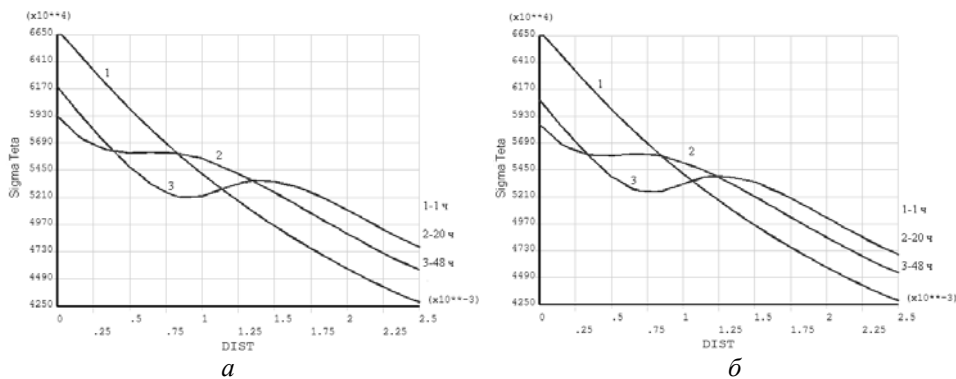


Рис. 4. Распределение окружных напряжений по сечению рассматриваемой трубы в зоне локального прогрева (а) и в «холодной» области (б): 1 — 1 ч, 2 — 20 ч, 3 — 48 ч

Анализ результатов моделирования показывает, что разрушение рассматриваемой толстостенной трубы наступает через 48 ч. К этому моменту времени сечение в области повышенных температур обезуглеродилось на 20 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Courant R.* Variable methods for the solution of problems of equilibrium and vibration // Bull. Amer Math. Soc. Vol. 49. № 1, 1943.
2. *Овчинников И. Г., Хвалько Т. А.* Работоспособность конструкций в условиях высокотемпературной водородной коррозии. Саратов. : Сарат. гос. техн. ун-т. 176 с.
3. *Арчаков Ю. И.* Водородная коррозия стали. М. : Metallurgiya, 1985. 192 с.
4. ANSYS Theory Reference. ANSYS Release 11.0 Documentation Inc., 2007.
1. *Courant R.* Variable methods for the solution of problems of equilibrium and vibration // Bull. Amer Math. Soc. Vol. 49. № 1. 1943.
2. *Ovchinnikov I. G., Hvalko T. A.* Rabotosposobnost konstruktsi v usloviyakh vysokotemperaturnoi vodorodnoi korrozii. Saratov : Sarat. gos. tekhn. un-t. 176 s.
3. *Archakov Yu. I.* Vodorodnaya korroziya stali. M. : Metallurgiya, 1985. 192 s.
4. ANSYS Theory Reference. ANSYS Release 11.0 Documentation Inc., 2007.

© Бубнов С. А., Овчинников И. И., 2012

*Поступила в редакцию
в ноябре 2011 г.*

Ссылка для цитирования:

Бубнов С. А., Овчинников И. И. Применение программного комплекса ANSYS к расчету толстостенного трубопровода, подвергающегося локальной водородной коррозии // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 208—212.

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

УДК 72.00 «20»

Е. А. Фаворская

КОМПОЗИЦИОННАЯ ПРОРАБОТКА — ОДНО ИЗ НЕОБХОДИМЫХ УСЛОВИЙ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Рассмотрен новый подход к проблемам композиционного средства и композиционного свойства масштабности. Даются определения и новые подходы в архитектурной деятельности и методы решения композиционных проблем в архитектурном проектировании.

К л ю ч е в ы е с л о в а: творческий метод архитектора, архитектурно-композиционное проектирование, представления о композиции, масштабность в архитектуре.

The new approach to problems of composite means and composite property of immensity is considered. Definitions and new approaches in architectural activity and decision methods of composite problems in architectural designing are given.

К е у w o r d s: creative method of the architect, architecturally-composite designing, the approach, representations about compositions, immensity in architecture.

В настоящее время и в архитектурных вузах, и в проектных организациях большое внимание уделяется функциональным основам проекта. Непременно выполняются схемы функционального зонирования на всех уровнях — от системы расселения в целом города, района, участка до планов этажей, помещений и их частей вплоть до расстановки оборудования и мебели — зонировается все. И не только зонировается, но и подлежит затем точному расчету по площадям, расстояниям, радиусам обслуживания и многим другим параметрам по строгим нормам. Также тщательно выполняется конструктивная, технологическая, организационно-строительная, экономическая проработка проекта и проектирование инженерных сетей. Все делается в обязательном порядке, по строгой методике и нормативам, соблюдение которых контролируется специальными лицами, службами, согласованием и утверждением проектной документации.

В этой четко отлаженной технологии проектного дела, в его тщательности, детальности, комплексности, всесторонности недостатком является композиционная проработка проектов, а точнее ее полное, давнее, массовое отсутствие. Здесь нет ни методики, ни строгих, ни вообще каких бы то ни было норм. За композиционной проработкой никто не следит, никто не контролирует ее выполнение, в состав подлежащих обязательному исполнению документов она не входит, никем и нигде не требуется. В итоге композиционно проработанный проект, включающий в себя специальный анализ масштабно-

сти, пропорций, гармонии и всего остального, что в этой сфере следует делать, можно встретить и в вузе, и в практической мастерской лишь в редких случаях. Ничего этого нет, хотя теоретически все знают, что композиция, специально поставленная композиционная работа, является главным в архитектуре. В проработке проекта необходимо сделать анализ композиционного средства масштабности [1]. Именно в нем сконцентрированы все пропорциональные достоинства или недостатки архитектурного проекта. Касаясь вопроса представления о масштабности А. Н. Носов писал: «Различным историческим стилям архитектуры присущи различные масштабные представления. В зависимости от характера этих представлений архитектура то проникалась реализмом, то отклонялась в сторону натурализма, символизма, формализма и пр. Масштабные представления тесно связаны с идеями, положенными в основу тех или иных исторических сооружений, с их назначением. «Камерность» и «гигантомания, «сверхмонументальность» здесь служат полюсами, между которыми располагается весь ряд мыслимых масштабных представлений... Вопрос о масштабности и масштабных представлениях является одним из важнейших и для нашей советской архитектуры» [2].

В практике мы знаем труды, посвященные разбору архитектурных объектов с точки зрения композиционных средств. По вопросу масштаба, как утверждает в своей работе Л. Кириллова, есть две группы работ. Первая — ограничивает понятие о масштабе сооружения понятием о его физической величине, вторая — трактует масштаб как содержательное качество архитектурной формы. Первая точка зрения наиболее отчетливо выражена в работе профессора Колумбийского университета Табольдо Хемлина в его большом труде «Форма и функции архитектуры XX века». Другие авторы, связывающие понятие о масштабе с величиной сооружения, не формулируют понятие о масштабе, как это сделал Хемлин, хотя содержание их работ показывает, что они также отождествляли масштаб и размер сооружения. Среди них работы советского исследователя профессора Н. И. Брунова, который не раскрывает понятие о масштабе, но связывает его с возможностью или невозможностью определить по зрительному впечатлению истинные размеры сооружений, с отношением величины сооружений к росту человека [4]. В работах зарубежных авторов Я. Маасса, Т. Эдвардса, В. Верзина, посвященных вопросам теории архитектуры, определение масштаба представлено более широко, чем понятие о размерах здания. Они, анализируя сооружения, рассматривают их с точки зрения зрительного впечатления от их величины.

Так или иначе, законы построения любого архитектурного проекта не могут работать только механически, они претерпевают пропорциональные и ритмические изменения, характер которых определяется исходной масштабной величиной в архитектуре — человеком. А человек с каждым обществом и с изменением миропредставлений о пространстве и времени также меняется. Именно композиционная проработка и овладение композиционным языком в архитектурной деятельности может помочь архитектору наиболее грамотно подойти к процессу проектирования.

Происшедшее на современном этапе проектирования «расчленение» целостного объекта проектирования на самостоятельные автономные составляющие (форма, функция, композиция и др.) повлекло за собой обозначение видимой множественности трактовки композиции и вытекающих из них художест-

венных логик «сборки» архитектурного целого. Парадоксальным результатом этого процесса является «сознательное» ограничение арсенала универсальных композиционных средств, освоению которого посвящен основной курс «Композиции» во всех архитектурных школах мира. С другой стороны, именно занятия композицией в абстрактном, «очищенном» от влияния функциональных, технологических, социальных и прочих факторов на первом этапе, закономерно проявляют профпригодность будущего зодчего: не случайно считается, что студент, не проявивший композиционных способностей, не может быть архитектором. Однако, пройдя полный двухгодичный курс «Объемно-пространственной композиции», даже способный студент оказывается в растерянности от обилия «композициогенных» источников в реальном мире архитектуры. Термин «композиция» имеет, как известно, два значения: композиция как процесс творчества, и как результат этого процесса — содержательная художественная архитектурная форма, созданная с учетом функциональных, эстетических и технико-экономических сторон архитектуры.

В современной системе архитектурных понятий «композиция» является одним из важнейших и может служить стержнем в деле построения современной теории композиции. Слово «композиция» в определенном смысле универсально, так как оно используется в самых разнообразных областях человеческой деятельности от искусствоведения до кибернетики. Казалось бы, что такая универсальность должна была сделать его общепринятым. Но специалисты из разных областей, а также практики и теоретики, педагоги и критики внутри архитектурной профессии, в зависимости от конкретных целей и задач, употребляют это понятие в разных значениях, не беспокоясь об их согласованности. Но понятие может быть определено не только в форме определения, но и в развернутом виде, раскрывающем процесс возникновения и дальнейшей жизни, или «движения категорий». Таким процессом является процесс формирования представлений о композиции на основе анализа творческих методов архитектора. Однако, приближение к научному исследованию профессионального творческого метода архитектора по-настоящему стало возможным лишь в связи с появлением научных концепций деятельности человека в разных сферах труда. Важным является исследование Б. Г. Бархина, посвященное методике проектного процесса в области задач, стоящих перед архитектурным образованием. В основном с этого момента архитектурное проектирование в вузе начинает исследоваться в единстве предметной и деятельностных сторон. Появившиеся затем статьи и выступления Ю. Н. Соколова, А. В. Степанова, П. П. Ревякина, И. Г. Лежавы, Н. Н. Нечаева и других, исследования А. Э. Коротковского, К. В. Кудряшова, В. И. Мальгина, Д. Л. Мелодинского, Н. Ф. Метленкова, В. Р. Усова, Н. П. Чуваргиной, С. А. Малахова, В. П. Локтева продемонстрировали некоторый успех в разрешении проблемы формирования профессионального творческого метода в проектной деятельности учащихся. Однако, несмотря на достигнутые в этих исследованиях результаты, можно выявить ряд подходов, представляющихся недостаточно изученными. Так как композиция имеет два значения: как процесс творчества и как результат этого процесса, то и представления о композиции в процессе истории формировались как результат этой сборки целого — обозначим это словом «свойство» и как результат

этой сборки — средство. Согласно вышесказанному, можно выделить подходы к формированию представлений о композиции. Таким образом, те представления о композиции, которые формируются на историческом направлении и на основе анализа творческого метода делятся на следующие подходы: искусствоведческий, конструктивный и типологический, а те которые формируются на теоретическом направлении, делятся на психологический, логический, методологический [5].

Изучение подходов к формированию представлений о композиции — один из вариантов изучения композиционного языка. Накопление опыта работы с композиционными представлениями XX столетия во многих видах искусства в большинстве передовых стран, говорит о том, что человечеству требовался композиционный материал, выполняемый раньше лишь эпизодически и фрагментарно. Необходимо накопить и приступить к его пониманию, которое оказывается, возможно лишь на определенной стадии развития производства, мышления и культуры в целом. Это подтверждает и тридцатилетнее забвение композиции, наступившее после 1920—1930-х годов в нашем искусстве, в результате чего композиционное развитие и в обучении, и в практической архитектурной работе было задержано вплоть до середины 60-х годов XX века.

Сейчас композиционная подготовка снова признана очень важной для архитектора. Но признание важности дела — еще не успех в нем. Другие науки развивались веками, и даже самые новые их направления растут все же на базе предшествующего теоретического опыта. А здесь опыт еще очень мал. Он, едва начавшись, прервался, сейчас он тоже еще не вышел из начальной стадии изучения, на старших курсах не имеет развития. Курс композиции интуитивен, его категории еще не увязаны в строгую теоретическую систему. Композиционный материал усваивают лишь единицы. Об этом свидетельствует опыт МАРХИ, в других ведущих архитектурное обучение вузах — а сегодня их более 50 — ситуация еще хуже. Традиции ВХУТЕМАСа там не так сильны.

Все это говорит о том, что композиция еще недостаточно серьезно оценена как фундамент профессии, без которого вся последующая учеба просто «рухнет» — останется при внешних эффектах непрофессиональной, любительской.

Сегодня сложилось мнение: если архитектор сделал макет, раскрасил фасад, представил развертки, планы, то это и есть собственно архитектурная часть, он ее выполнил, больше от него ничего не требуется.

Но это ведь еще очень сырой материал. Это именно лишь материал для последующего композиционного анализа, расчета, переработки. Его ведь и в целом, и во всех деталях, проекциях нужно действительно рассчитать, как рассчитывают сегодня конструкции и все остальное. С ним только еще нужно начинать работать, «тащить» его в архитектуру, доводить до архитектуры. А он сразу же выдается и принимается за готовый продукт. А для этого нужна специальная композиционная проработка проекта. Как и зонирование, она должна быть тотальной, охватывающей композиционные связи во всех срезам — от градостроительной ситуации до малейшей детали — и доводящей объективно растущие из условий участка, функции, конструкции и всего остального формы до отчетливой согласованности, используя все композиционные законы и средства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Фаворская Е. А.* Формирование критериев оценки выраженности «чувства композиции» у студента-архитектора // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Архитектурная наука и образование : ст. науч. конф. МАРХИ. М., 2008. Т. 2. С. 265.
2. *Носов А.* Масштабность в архитектуре // Архитектура СССР. 1938. № 6. С. 24.
3. *Кириллова Л.* Масштабность в архитектуре. М. : ГОСИЗДАТ по строительству, архитектуре и строительным материалам. М., 1961. С. 124.
4. *Брунов Н.* Проблема масштаба в классической греческой архитектуре // Академия архитектуры. 1934. № 1—2. С. 48.
5. *Фаворская Е. А.* Формирование представлений об архитектурной композиции на основе анализа творческих методов архитектора // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Архитектурная наука и образование : ст. науч. конф. МАРХИ. М. : 2010. Т. 2. С. 274.
1. *Favorskaya Ye. A.* Formirovanie kriteriev otsenki vyrazhennosti “chuvstva kompozitsii” u studenta-arkhitekatora // Nauka, obrazovaniye i eksperimentalnoye proektirovaniye. Arkhitekturnaya nauka i obrazovanie : st. nauch. konf. MARHI. M., 2008. T. 2. S. 265.
2. *Nosov A.* Masshtabnost v arkhitekture // Arkchitektura SSSR. 1938. № 6. S. 24.
3. *Kirillova L.* Masshtabnost v arkhitekture. M. : GOSIZDAT po stroitelstvu, arkhitekture i materialam. M., 1961. S. 124.
4. *Brunov N.* Problema masshtaba v klassicheskoi grecheskoi arkhitekture // Akademiya arkhitektury. 1934. № 1—2. S. 48.
5. *Favorskaya Ye. A.* Formirovanie predstavleni ob arkhitekturnoi kompositsii na osnove analiza tvorcheskikh metodov arkhitekatora // Nauka, obrazovanie i eksperementalnoye proektirovanie. Arkhitekturnaya nauka i obrazovanie : st. nauch. konf. M. : MARHI, 2010. T. 2. S. 274.

© *Фаворская Е. А.*, 2012

*Поступила в редакцию
в ноябре 2011 г.*

Ссылка для цитирования:

Фаворская Е. А. Композиционная проработка — одно из необходимых условий повышения качества архитектурной деятельности // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 26(45). С. 213—217.

НАШИ АВТОРЫ

Анисимов Леонид Алексеевич
Anisimov Leonid Alexeyevich

Анопин Владимир Николаевич
Anopin Vladimir Nikolayevich

Антуфеева Ольга Алексеевна
Antufeyeva Olga Alexeyevna
Бабаханов Борис Станиславович
Babakhanov Boris Stanislavovich

Барагунов Темир Мухамединович
Baragunov Temir Mukhamadinovich

Бахтояров Владимир Георгиевич
Bakhtoyarov Vladimir Georgiyevich

Березовикова Ольга Юрьевна
Berezovikova Olga Yurevna

Беспалов Вадим Игоревич
Bespalov Vadim Igorevich

Богомолов Александр Николаевич
Bogomolov Alexandr Nikolayevich

Богомоллова Оксана Александровна
Bogomolova Oxana Alexandrovna

Бойков Алексей Геральдович
Boikov Alexei Geraldovich

Болеев Александр Андреевич
Boleyev Alexandr Andreyevich

Бондарев Борис Александрович
Bondarev Boris Alexandrovich

Боровик Виталий Сергеевич
Borovik Vitali Sergeyevich

Бубнов Сергей Алексеевич
Bubnov Sergei Alexeyevich

Гадаборшева Тамара Бимбулатовна
Gadaborsheva Tamara Bimbulatovna

Гудков Владислав Александрович
Gudkov Vladislav Alexandrovich

Девятков Михаил Михайлович
Devyatov Mikhail Mikhailovich

д-р геол.-минерал. наук, проф., главный научный сотрудник, «Волгоград-НИПИморнефть», 400078, Волгоград, пр. Ленина, 96, (8442)96-99-14
Doctor of Geological and Mineral Science, Professor, chief research scientist, "VolgogradNIPImorneft"

д-р географ. наук, зав. кафедрой геодезии, ВолгГАСУ, (8442)96-98-97, postmaster@vgasu.ru

Doctor of Geographic Science, department chairman of geodesy, VSUACE аспирант кафедры градостроительства, ВолгГАСУ, myself88@yandex.ru post-graduate student of urban planning department, VSUACE соискатель кафедры гидротехнических и земляных сооружений, ВолгГАСУ degree-seeking student of hydraulic and earthwork structures department, VSUACE

студент, Кабардино-Балкарский государственный университет, temir_b@mail.ru

Student, Kabardino-Balkar State University

аспирант кафедры экологического строительства и городского хозяйства, ассистент кафедры градостроительства, ВолгГАСУ, vladimir.arch@mail.ru post-graduate student of ecological building and municipal facilities department, assistant of urban planning department, VSUACE

младший научный сотрудник отдела ландшафтного планирования и аэрокосмических методов исследований, Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации, Волгоград, (8442)46-25-68, olva_ber@mail.ru junior research fellow of landscape design and remote sensing of researches department, All Russian Research Institute of Agrarian and Forest Reclamation, Volgograd

зав. кафедрой инженерной защиты окружающей среды, Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

department chairman of engineering environment protection, Rostov State University of Civil Engineering

д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой гидротехнических и земляных сооружений, проректор по научной работе ВолгГАСУ, (8442)96-99-54, banzaritcyn@mail.ru Doctor of Engineering Science, Professor, department chairman of hydraulic and earthwork structures, vice-rector for scientific research, VSUACE

канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной математики и вычислительной техники, ВолгГАСУ, (8442)96-99-45, bonzaritcyn@mail.ru

Candidate of Engineering Science, assistant professor of application mathematics and computer science department, VSUACE

канд. техн. наук, доц., доц. кафедры теплофизики и теоретической тепло-техники, ВолгГАСУ, bag@fromru.com

Candidate of Engineering Science, Assistant Professor, assistant professor of thermal physics and thermology department, VSUACE

аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения, ВолгГАСУ, alex-freed@rambler.ru

post-graduate student of water supply and disposal department, VSUACE

д-р техн. наук, проф., Липецкий государственный технический университет, ул. Московская, 30, kaf-st@stu.lipetsk.ru

Doctor of Engineering Science, Professor, Lipetsk State Technical University

д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой экономики и управления дорожным хозяйством, ВолгГАСУ, (8442)96-98-39, borovikv@mail.ru

Doctor of Engineering Science, Professor, department chairman of economics and execution of the road facilities, VSUACE

аспирант, Балашовский институт Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского, 412300, Саратовская область, г. Балашов, ул. Карла Маркса, 29, serbubnov@rambler.ru

Post-graduate student, Balashov Institute (branch) of Saratov State University named after N. G. Chernyshevsky

ассистент кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере, ВолгГАСУ, daudzurabg@mail.com

assistant of safety of living in technosphere department, VSUACE

д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой автомобильных перевозок, Волгоградский государственный технический университет, 400131, Волгоград, пр. Ленина, 28

Doctor of Engineering Science, Professor, department chairman of automobile transportation, Volgograd State Technical University

почетный дорожник, почетный работник высшего профессионального образования РФ, чл.-корр. Международной академии инвестиций и экономики строительства, канд. техн. наук, проф., зав. кафедрой изысканий и проектирования транспортных сооружений, ВолгГАСУ, (8442)96-98-74, deviatov@rambler.ru

honorary road worker, honorary worker of higher vocational education of RF, corresponding member of International Academy of Investments and Construction Economics, Candidate of Engineering Science, Professor, department chairman of examination and planning of transport works, VSUACE

Ерофеев Владимир Трофимович Yerofeyev Vladimir Trofimovich	д-р техн. наук, член-корр. РААСН, проф., зав. кафедрой строительных материалов и технологий, Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, 43000, г. Саранск, ул. Советская, 24, (8342)48-25-64 Doctor of Engineering Science, corresponding member of RAACS, Professor, department chairman of constructional materials and technologies, N.P. Ogarev's Mordovian State University
Ечевский Александр Валерьевич Yechevski Alexandr Valerevich	аспирант кафедры гидротехнических и земляных сооружений, ВолгГАСУ, SANDER007@mail.ru post-graduate student of hydraulic and earthwork structures department, VSUACE
Жуков Артем Николаевич Zhukov Artem Nikolayevich	аспирант кафедры архитектуры, ВолгГАСУ, zh-art87@yandex.ru Post-graduate student of architecture, VSUACE
Иваницкая Юлия Андреевна Ivanitskaya Yuliya Andreyevna	аспирант кафедры градостроительства, ВолгГАСУ, tzatza29@mail.ru post-graduate student of urban planning department, VSUACE
Ивашкин Александр Николаевич Ivashkin Alexandr Nikolayevich	студент, Липецкий государственный технический университет, ул. Московская, 30, kaf-st@stu.lipetsk.ru Student, Lipetsk State Technical University
Калиновский Сергей Андреевич Kalinovski Sergei Andreyevich	аспирант кафедры гидротехнических и земляных сооружений, ВолгГАСУ post-graduate student of hydraulic and earthwork structures department, VSUACE
Киселева Ольга Витальевна Kiseleva Olga Vitalevna	инженер кафедры гидротехнических и земляных сооружений, ВолгГАСУ engineer of hydraulic and earthwork structures department, VSUACE
Корнеев Константин Александрович Korneyev Konstantin Alexandrovich	аспирант, Липецкий государственный технический университет, ул. Московская, 30, kaf-st@stu.lipetsk.ru Post-graduate student, Lipetsk State Technical University
Корниенко Сергей Валерьевич Korniyenko Sergei Valerevich	канд. техн. наук, доцент, ВолгГАСУ, svKorn2009@yandex.ru Candidate of Engineering Science, Assistant Professor, VSUACE
Коротких Дмитрий Николаевич Korotkikh Dmitri Nikolayevich	канд. техн. наук, докторант кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, korotkikh.dmitry@gmail.com Candidate of Engineering Sciences, postdoctoral student of building materials, items and constructions technology department, Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering
Красильникова Элина Эдуардовна Krasilnikova Elina Eduardovna	канд. арх., доц., доц. кафедры градостроительства, ВолгГАСУ, 8-902-361-37-17 Candidate of Architecture, Assistant Professor, assistant professor of urban planning department, VSUACE
Куимова Елена Ивановна Kuimova Yelena Ivanovna	канд. техн. наук, доц. кафедры высшей математики и математического моделирования, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 440028, Пенза, ул. Г. Титова, 28, (8412)92-95-01, lenukui@mail.ru Candidate of Engineering Science, assistant professor of higher mathematics and mathematic simulation, Penza State University of Architecture and Construction
Культербаев Хусен Пшимурзович Kulterbayev Khusen Pshimurzovich	д-р техн. наук, проф., проф. кафедры теоретической и прикладной механики, Кабардино-Балкарский государственный университет, 8-903-494-33-38 Doctor of Engineering Science, Professor, professor of engineering and applied mechanics, Kabardino-Balkar State University
Леснов Виталий Викторович Lesnov Vitali Viktorovich	канд. техн. наук, доц., доц. кафедры строительных материалов и технологий, Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, 43000, г. Саранск, ул. Советская, 24, VVL377MGU@rambler.ru Candidate of Engineering Science, Assistant Professor, assistant professor of constructional materials and technologies department, N.P. Ogarev's Mordovian State University
Логанина Валентина Ивановна Loganina Valentina Ivanovna	д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой стандартизации, сертификации и аудита качества, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 440028, Пенза, ул. Г. Титова, 28, loganina@mail.ru Doctor of Engineering Science, Professor, department chairman of standardization, certification and audit of quality, Penza State University of Architecture and Construction
Макарова Людмила Викторовна Makarova Lyudmila Viktorovna	канд. техн. наук, доцент кафедры стандартизации, сертификации и аудита качества, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 440028, Пенза, ул. Г. Титова, 28, (8412)92-95-01, Mak.78_08@inbox.ru Candidate of Engineering Science, assistant professor of standardization, certification and audit of quality department, Penza State University of Architecture and Construction
Марков Иван Владимирович Markov Ivan Vladimirovich	студент, ВолгГАСУ Student, VSUACE
Махова Светлана Ивановна Makhova Svetlana Ivanovna	канд. геол.-минерал. наук, доц., доц. кафедры инженерной геологии и геоэкологии, ВолгГАСУ, zav_lab@rambler.ru Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Assistant Professor, assistant professor of engineering geology and geocology department, VSUACE
Маштаков Александр Сергеевич Mashtakov Alexandr Sergeyevich	аспирант кафедры инженерной геологии и геоэкологии, ВолгГАСУ, alsergmast@yandex.ru post-graduate student of engineering geology and geocology department, VSUACE
Мельников Сергей Васильевич Melnikov Sergei Vasilevich	филиал № 2 МУП «Трест "Дормостстрой"», (8442)97-80-59 branch № 2 of MUE "Trect "Dormoststroj"

Муравьева Людмила Викторовна Muraveva Lyudmila Viktorovna	канд. техн. наук, доц. кафедры строительных конструкций, оснований и надежности сооружений, ВолгГАСУ, (8442)96-98-30, rludmila@yandex.ru Candidate of Engineering Science, assistant professor building constructions, basis and reliability of constructions department, VSUACE
Овчинников Илья Игоревич Ovchinnikov Ilya Igorevich	канд. техн. наук, доц., доц. кафедры мостов и транспортных сооружений, Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, 410054, Саратов, ул. Политехническая, 77, bridgeart@mail.ru Candidate of Engineering Science, Assistant Professor, assistant professor of bridges and transport works, Saratov State University named after N. G. Chernyshevsky
Олянский Юрий Иванович Olyanski Yuri Ivanovich	д-р геол.-минерал. наук, доц., проф. кафедры гидротехнических и земляных сооружений, ВолгГАСУ, Olyanskii@mail.ru Doctor of Geological and Mineral Science, Associate Professor, professor of hydraulic and earthwork structures department, VSUACE
Осипова Оксана Николаевна Osipova Oxana Nikolayevna	канд. техн. наук, докторант кафедры гидротехнических и земляных сооружений, ВолгГАСУ Candidate of Engineering Science, postdoctoral student of hydraulic and earthwork structures department, VSUACE
Перехоженцев Анатолий Георгиевич Perekhozhentsev Anatoli Georgiyevich	д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой архитектуры, ВолгГАСУ, ya.elektronka.2011@yandex.ru Doctor of Engineering Science, Professor, department chairman of architecture, VSUACE
Полякова Екатерина Семеновна Polyakova Yekaterina Semenovna	ассистент кафедры изысканий и проектирования транспортных сооружений, ВолгГАСУ, LsPolykova@list.ru , (8442)96-98-74 assistant of examination and planning of transport works department, VSUACE
Потоловский Роман Валерьевич Potolovski Roman Valerevich	аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения, ВолгГАСУ, 8-905-4330740, tusera@mail.ru post-graduate student of water supply and disposal department, VSUACE
Приходченко Анна Владимировна Prihodchenko Anna Vladimirovna	старший преподаватель кафедры водоснабжения и водоотведения, ВолгГАСУ, (8442)96-99-13, viv_vgasu@mail.ru senior professor of water supply and disposal department, VSUACE
Прокопенко Юрий Евгеньевич Prokopenko Yuri Yevgenevich	преподаватель, ВолгГАСУ lecturer, VSUACE
Романов Сергей Иванович Romanov Sergei Ivanovich	д-р техн. наук, проф., проф. кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, ВолгГАСУ, its_volggasu@mail.ru Doctor of Engineering Science, Professor, professor of construction and operation of transport constructions department, VSUACE
Рулёв Александр Сергеевич Rulev Alexandr Sergeyevich	д-р с/х наук, зав. отделом ландшафтного планирования и аэрокосмических методов исследований, Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации, Волгоград, (8442)46-25-68, rulev54@rambler.ru Doctor of Agricultural Science, commissioner of landscape design and remote sensing of researches, All Russian Research Institute of Agrarian and Forest Reclamation, Volgograd
Рыльцев Владислав Валерьевич Ryltsev Vladislav Valerevich	магистр кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере, ВолгГАСУ, (8442)96-99-13, viv_vgasu@mail.ru master of safety of living in technosphere department, VSUACE
Рыльцева Татьяна Федоровна Ryltseva Tatyana Fedorovna	ассистент кафедры водоснабжения и водоотведения, ВолгГАСУ, (8442)96-99-13, viv_vgasu@mail.ru assistant of water supply and disposal department, VSUACE
Салимов Руслан Наилевич Salimov Ruslan Nailevich	инженер лаборатории проектно-сметного дела, Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, 43000, г. Саранск, ул. Советская, 24, (8342)47-33-75 laboratory engineer of design and estimate action, N.P. Ogarev's Mordovian State University
Сергеева Кристина Анатольевна Sergeyeva Kristina Anatolevna	аспирант кафедры стандартизации, сертификации и аудита качества, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 440028, Пенза, ул. Г. Титова, 28, (8412)92-95-01, kleopatra0100@rambler.ru Post-graduate student of standardization, certification and audit of quality department, Penza State University of Architecture and Construction
Серова Елена Юрьевна Serova Elena Yurevna	канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, ВолгГАСУ, Anyushkina@mail.ru Candidate of Engineering Science, senior professor of construction and operation of transport systems department, VSUACE
Сидоренко Владимир Федорович Sidorenko Vladimir Fedorovich	д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ, зав. кафедрой экологического строительства и городского хозяйства, ВолгГАСУ, (8442)96-98-64 Doctor of Engineering Science, Professor, honoured science worker of RF, department chairman of ecological building and municipal facilities, VSUACE
Синяков Владимир Николаевич Sinyakov Vladimir Nikolayevich	д-р геол.-минерал. наук, проф., зав. кафедрой инженерной геологии и геоэкологии, ВолгГАСУ, zav_lab@rambler.ru Doctor of Geological and Mineral Science, Professor, department chairman of economics and execution of the road facilities, VSUACE
Соловьев Александр Владимирович Solovev Alexandr Vladimirovich	канд. техн. наук, соискатель кафедры гидротехнических и земляных сооружений, ВолгГАСУ Candidate of Engineering Science, degree-seeking student of hydraulic and earthwork structures department, VSUACE
Сотникова Инна Викторовна Sotnikova Inna Viktorovna	канд. арх., ассистент кафедры урбанистики и дизайна городской среды, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, sotnikoffa@bk.ru Candidate of Architecture, assistant of urban planning and urban environment design department, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

Стадник Александр Юрьевич Stadnik Alexandr Yurevich	аспирант ВолгГАСУ, its_volggasu@mail.ru Post-graduate student, VSUACE
Сысоев Виталий Николаевич Sysoyev Vitali Nikolayevich	старший мастер производственного обучения санитарно-технического отделения, Ростовский-на-Дону строительный колледж chief foreman of work placement of sanitary-engineering department, Rostov-on-Don Construction College
Титоренко Александр Иванович Titorenko Alexandr Ivanovich	аспирант, Новочеркасская государственная мелиоративная академия, 346428, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 11, titirencov61ru@mail.ru Post-graduate student, Novocherkassk State Reclamation Academy
Фаворская Елена Алексеевна Favorskaya Yelena Alexeyevna	доцент кафедры основ архитектурного проектирования, Московский архитектурный институт, 107031, Москва, ул. Рождественка, 11, корп. 1, стр. 4. 9265260664@mail.ru assistant professor of architectural engineering basics department, Moscow Architectural Institute
Фролов Алексей Юрьевич Frolov Alexei Yurevich	аспирант кафедры гидротехнических и земляных сооружений, ВолгГАСУ, (8442)96-99-54, banzaritcyn@mail.ru post-graduate student of hydraulic and earthwork structures department, VSUACE
Цветков Владимир Константинович Tsvetkov Vladimir Konstantinovich	д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой теоретической механики, ВолгГАСУ Doctor of Technical Science, professor, Head of Department of theoretical mechanics, VSUACE
Чеснокова Оксана Геннадьевна Chesnokova Oksana Gennadevna	доцент кафедры архитектуры, ВолгГАСУ, oxxxana72@yandex.ru assistant professor of architecture department, VSUACE
Чеченов Тимур Юрьевич Chechenov Timur Yurevich	ассистент, Кабардино-Балкарский государственный университет, 8-909-491-98-07 Assistant Professor, Kabardino-Balkar State University
Шенк Леонард Shenk Leonard	профессор, факультет архитектуры и дизайна, HTWG Konstanz, Brauneggerstrasse, 55, 78862 Konstanz, Germany, leonhard.schenk@htwg-konstanz.de Professor, architecture and design department, HTWG Konstanz
Шиян Станислав Иванович Shiyan Stanislav Ivanovich	канд. техн. наук, докторант кафедры гидротехнических и земляных сооружений, ВолгГАСУ, banzaritcyn@mail.ru Candidate of Engineering Science, postdoctoral student of hydraulic and earthwork structures department, VSUACE
Bacova Andrea Бацова Андреа	PhD, Associate Professor, department chairman of house construction, Slovak University of Technology in Bratislava, Namestie Slobody 19, 81245, Bratislava, Slovakia, bacova@ta.stuba.sk , +421-2-57276-334 д-р наук, доц., зав. кафедрой жилищного строительства, Словацкий Технический университет в Братиславе, пл. Свободы, 19, 81245, Братислава, Словакия
Gladkowska Wieslawa Гладковская Виеслава	professor, Koszalin University of Technology, Poland, Koszalin, +48943478580, glod@wbis.tu.koszalin.pl professor, Кошалинский технический университет, Польша, Кошалин
Joklova Viera Йоклова Вера	PhD, department chairman of computer and multimedia design, Slovak University of Technology in Bratislava, Namestie Slobody 19, 81245, Bratislava, Slovakia, joklova@ta.stuba.sk , +421-2-57276-334 д-р наук, зав. кафедрой компьютерного и мультимедийного проектирования, Словацкий Технический университет в Братиславе, пл. Свободы, 19, 81245, Братислава, Словакия

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 и пристатейные списки литературы представлены в **Российском индексе научного цитирования (РИНЦ)** на сайте Научной электронной библиотеки www.elibrary.ru.

«Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия «Строительство и архитектура» входит в базу данных **Ulrich's Periodicals Directory** американского издательства Bowker, являющуюся самой крупной базой, описывающей мировой поток сериальных (периодических и продолжающихся) изданий. Активно используется научными учреждениями для анализа мирового потока сериальных изданий.

Серия включена в базу данных **DOAJ — Directory of Open Access Journals** (Директория журналов открытого доступа) научной библиотеки университета г. Лунд (Швеция), www.doaj.org, обеспечивающую открытый доступ к полнотекстовым материалам научных и академических журналов на различных языках, поддерживающих систему контроля качества публикуемых статей.

Требования к оформлению статей и сопроводительных материалов. Статью необходимо представить на электронном носителе и в распечатанном виде (2 экз.) в сопровождении заполненного автором *лицензионного договора* (2 экз.) (скачать бланк по адресу <http://www.vgasu.ru/attachments/ld-blank.pdf>), *анкеты* согласия автора на доступ к его персональным данным неограниченного круга лиц (скачать бланк по адресу <http://www.vgasu.ru/attachments/pdsog.pdf>), *выписки из протокола* заседания кафедры и одной *рецензии*. К статьям прилагается экспертное заключение о возможности опубликования в открытой печати. Все сопроводительные документы представляются на бумажных носителях в оригинале.

В *отдельном файле помещаются сведения об авторах* на русском и английском языках, а также кириллицей и латиницей в полном соответствии с данными в заполненном бланке *анкеты* (см. выше): фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, звание, должность, место работы; наименование и код научной специальности (по Номенклатуре), по которой автор проводит диссертационное исследование; почтовый адрес, телефон и адрес электронной почты.

В статье приводятся: *индекс УДК*; на русском и английском языках: *фамилия и инициалы автора, заглавие, аннотация* (на русском языке до 500 знаков, на английском — от 500 знаков до целой страницы), *ключевые слова*. Текст статьи заверяется личной подписью автора (соавторов).

Объем статьи — от 3 до 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 (Cyr) № 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.

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»

Редакция сообщает, что в статье «Расчет устойчивости потолочины горизонтальной штольнообразной выработки квадратного сечения, сооруженной в однородном связном грунте, на основе анализа напряженно-деформированного состояния / А.С. Статун, О.А. Богомолова, А.Н. Богомолов, И.В. Якименко // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. 2010. Вып. 18(37) в формуле (1) на стр. 15 должно быть напечатано:

$$K = d(ae^{bc_{ca}} + c) \cdot$$

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-(8442)-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 «Информрегистр», 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
2012. Вып. 26 (45)**

Редакторы *М.С. Лысенко, М.Л. Песчаная*
Перевод на английский язык *Н.И. Копина*
Компьютерная правка и верстка *Н.А. Дерина*
Компьютерный дизайн обложки *О.Ю. Мелешин*
Информационно-библиографическое обслуживание выпуска *Е.В. Хромова*

Подписано в печать 30.03.2012. Формат 70 × 108/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Уч.-изд. л. 13,3. Усл. печ. л. 19,6. Тираж 500 экз. Заказ № 19

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»
Редакционно-издательский отдел
Отдел оперативной полиграфии
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1