

Федеральное агентство по образованию

**ВЕСТНИК
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

Серия: Строительство и архитектура

**Выпуск
13 (32)**

Научно-теоретический и производственно-практический
журнал

2009

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. СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА. МЕХАНИКА ГРУНТОВ

Богомолов А.Н., Шиян С.И., Богомолова О.А. Определение областей пластических деформаций в основании заглубленного фундамента в рамках приближенного решения смешанной задачи теории упругости и теории пластичности грунта	5
Долганов А.П., Махова С.И., Сияков В.Н. Песчано-алевритовые породы терригенно-кремнистой формации палеогена как важнейший фактор устойчивости сооружений на территории г. Волгограда	11
Евтушенко С.И., Крахмальный Т.А., Шубин М.А., Сияков В.Н. Изучение напряженного состояния основания под жесткими квадратными штампами	14
Клочков Ю.В., Николаев А.П. Расчет фундаментов-оболочек с ветвящимся меридианом на упругом основании методом конечных элементов	19
Крахмальный Т.А., Евтушенко С.И., Шубин М.А., Сияков В.Н. Численное моделирование работы ленточного фундамента с ломаным очертанием опорной плиты	24
Масляев А.В. Предельные повреждения в зданиях и сооружениях с различной ответственностью при землетрясении	31
Вдовин В.М., Арискин М.В. Напряжено-деформированное состояние элемента с вклеенными стальными шайбами	36
Ращепкина С.А., Романов Д.А. Исследование напряженно-деформированного состояния новой конструкции металлической емкости для сыпучих материалов	43
Шиян С.И., Богомолов А.Н. К вопросу об особых точках при решении граничных задач теории упругости методами комплексного анализа	49
Кабанов В.А., Замыцкий О.Н. Риск возникновения отказа как характеристика надежности элемента конструктивной системы	53
Жиделёв А.В. Особенности работы геометрически нелинейных стержневых систем	57
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ	
Алексиков С.В., Алексиков С.С. Проект гоночной трассы «Moscow Raceway» в России	62
Девятков В.М. Обоснование мероприятий по снижению аварийности дорожного движения на участках концентрации ДТП	65

Матуа В.П., Чирва Д.В. Исследование ползучести асфальтобетонов с целью прогнозирования накопления остаточных деформаций в слоях покрытий дорожных одежд в реальных условиях их эксплуатации	68
Волченко С.В. Методы снижения коэффициента загрузки на регулируемых пересечениях	74
ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА	
Боровик В.С., Седова А.С. Организационные аспекты внедрения холодного асфальтобетона на предприятиях ОГУП «Волгоградавтодор»	78
Чуб А.И., Артамонов А.А. Методика корреляционной оценки качества работ на предприятиях строительного комплекса	85
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	
Гусельников Д.А., Надеева И.В., Акчури А.К., Гузев В.В. Гранулирование материалов из техногенного сырья — один из эффективных способов получения заполнителей и расширения сырьевой базы строительных композитов	92
Носова И.В., Надеева И.В., Бондарев А.Б., Савосин А.В. Комплексный подход к изучению формирования полимерного композита строительного назначения	96
Черсков Р.М. Применение каучуко-полиолефинового модификатора (КПМ) как способ повышения сдвиго- и трещиностойкости асфальтобетонов	100
Клавдиева Т.Н., Пушкарская О.Ю., Губанова Л.Н., Денисова С.П. Использование техногенных отходов металлургии при производстве бордюрного камня	105
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ. ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА. ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ	
Шашин А.В. Теоретические и экспериментальные исследования повышения эффективности работы эжектора в составе вытяжной вентиляции	109
Куц Л.Р., Злобин В.Н., Фокин В.М. Совершенствование газогорелочных устройств теплогенерирующих установок систем теплоснабжения за счет снижения токсичных продуктов сгорания	114
Губанов И.Д. О снижении концентрации пыли местными отсосами в укрытиях конвейеров транспортирования известняка	117
Ковылин А.В., Фокин В.М. Определение теплофизических свойств ограждающих конструкций зданий методом неразрушающего контроля с использованием электронного измерителя плотности тепловых потоков ИТП-МГ4.03 «Поток»	121
ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ. РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ. АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	
Волынский В.Э. Пространственное формообразование и его архетипы	124
Молчанов В.М. Информационное общество и перспективы развития архитектуры жилища	130
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ТЕОРИЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДА. УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ	
Иванникова Е.М. Планировочное решение города Волжского в начальный период строительства	137
Черешнев И.В., Багрянцева А.А. Реновация открытых пространств жилой застройки на основе формирования эко-социо-пространственного модуля	142
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА. ЛАНДШАФТНАЯ АРХИТЕКТУРА. ГОСТИНИЧНОЕ И КУРОРТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И ТУРИЗМ	
Графкина М.В. Алгоритм и геоэкологические критерии оценки безопасности строительных систем	146
Косицына Э.С., Горячева О.В. Развитие туризма и гостиничных комплексов в Волгограде и Волгоградской области	152
Мартьянова Г.В. Обеспечение норм инсоляции при реконструкции жилой застройки г. Ухты (Республика Коми)	156
Ганжа О.А., Косицына Э.С. Учет фактора шума при создании акустически благоприятной городской среды и оценке объектов недвижимости	160
ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО	
Шестопал А.О., Богомолов А.Н., Качурин Я.В., Соловьев А.В., Нестратов М.Ю., Шиян С.И., Якименко И.В. Оценка устойчивости нижней головы шлюза № 1 Волго-Донского водного пути	164
Якунин Д.А. Экономико-экологические последствия загрязнения малых рек в изменяющихся климатических условиях	170
Кашарин Д.В., Годин П.А., Шиян С.И. Исследование условий работы мобильных гидроэлектростанций и создание алгоритма расчета их оптимальных параметров	174
Кашарина Т.П., Кореновский А.М., Шиян С.И. Исследование надежности работы мембранно-вантовых конструкций из композитных материалов	180
НАШИ АВТОРЫ	187

C o n t e n s

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

Bogomolov A.N., Shiyay S.I., Bogomolova O.A. Determination of plastic deformations regions in the bed of a deeply-buried foundation within the framework of an approximated solution of the mixed problem of elasticity theory and soil plasticity theory	5
Dolganov A.P., Makhova S.I., Sinyakov V.N. Sand-silt strata of terrigenously siliceous formation of Palaeogene as the most important factor of the stability of constructions in the territory of Volgograd city	11
Evtushenko S.I., Krahmalnyj T.A., Shubin M.A., Sinjakov V.N. Studying of the tension of the basis under rigid square stamps	14
Klochkov Yu.V., Nikolayev A.P. Analysis of shell foundations with ramified meridians on elastic bed by means of the Finite Element Method	19
Krahmalnyj T.A., Evtushenko S.I., Shubin M.A., Sinjakov V.N. Numerical modelling of work of the tape base with the broken outline of the basic plate	24
Maslyayev A.V. Limiting damage in buildings and constructions with various responsibility during earthquakes	31
Vdovin V.M., Ariskin M.V. The is strained-deformed condition of an element with the pasted steel washers	36
Raschepkina S.A., Romanov D.A. The research of the prestressed-deformation state in the new design of a metal tub for loose materials	43
Shiyay S.I., Bogomolov A.N. To the question of special points in the solution of boundary problems of elasticity theory applying the methods of complex analysis	49
Kabanov V.A., Zamytsky O.N. Risk of origin failure as reliability characteristic of structural system component	53
Zhidelyov A.V. Specific features of the work of geometrically nonlinear rod systems	57

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

Alexikov S.V., Alexikov S.S. Design of race track «Moscow Raceway» in Russia	62
Devyatov V.M. Justification of the measures aimed at decreasing the traffic accident rate at high accident concentration locations	65
Matua V.P., Chirva D.V. Study of asphalt concrete creeping aimed at forecasting the accumulation of residual deformations in the layers of road pavement under actual operation conditions	68
Volchenko S.V. Methods for decreasing the load coefficient at controlled intersections	74

TECHNOLOGY AND CONTROL IN CONSTRUCTION

Borovik V.S., Sedova A.S. Organizational aspects of implementation of cold asphalt concrete at the enterprises of regional state unitary enterprise OGUP «Volgogradavtodor»	78
Chub A.I., Artamonov A.A. Method for the correlation evaluation of work quality at enterprises of construction sector	85

BUILDING MATERIALS AND ARTICLES

Guselnikov D.A., Nadeeva I.V., Akchurin A.K., Guzev V.V. Polymeric compositions on the basis of the product of processing epoxy resin for building technologies	92
Nosova I.V., Nadeeva I.V., Bondarev A.B., Savosin A.V. The complex approach to studying formation of a polymeric composite of building purpose	96
Cherskov R.M. Application of the rubber-polyolefin modifier (RPM) as a way of increase of resistance to shear and formation of cracks asphalt concretes	100
Klavdieva T.N., Pushkarskaya O.Y., Gubanova L.N., Denisova S.P. Use of technogenic waste of metallurgy by manufacture edge stone	105

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

Shashin A.V. Theoretical and experimental investigation of the efficiency enhancement of an ejector as part of exhaust ventilation	109
Kushch L.R., Zlobin V.N., Fokin V.M. Improvement of gas-burning jets of heat-generating plants in heat supply systems by means of reduction of toxic products of burning	114
Gubanov I.D. On the reduction of dust concentration by means of local suction units in the covers of limestone transportation lines	117
Kovylin A.V., Fokin V.M. Determination of the thermal-physical properties of building envelope through the method of non-destructive test applying ИТТ – МГ4.03 «Potok» electronic gauge for heat flow density	121

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

- Volynskov V.E.** Spatial form generation and its archetypes 124
Molchanov V.M. Information society and long-term development of housing architecture 130

URBAN PLANNING. THEORY OF URBAN DEVELOPMENT. CONTROL OF INVESTMENT
URBAN PLANNING ACTIVITY

- Ivannikova E.M.** Planning solving of the town of Volzhsky at the beginning of its construction 137
Chereshnev I.V., Bagryantseva A.A. Renovation of open spaces of residential development based on
the formation of eco-socio-spatial module 142

ENVIRONMENTAL ISSUES IN URBAN PLANNING. LANDSCAPE ARCHITECTURE.
HOTEL AND HEALTH RESORT CONSTRUCTION AND TOURISM

- Grafkina M.V.** Algorythm and geoeological criteria of construction systems safety assessment 146
Kositsyna E.S., Goryacheva O.V. Development of tourism and hotel complexes in Volgograd and
Volgograd region 152
Martynova G.V. Insolation standards provision in the process of residential development reconstruc-
tion in Ukhta town, Republic of Komi 156
Ganhza O.A., Kositsyna E.S. Accounting for noise factor when creating acoustically favourable city
environment and evaluating real estate objects 160

HIDROTECHNICAL CONSTRUCTION

- Shestopal A.O., Bogomolov A.N., Kachurin Ya.V., Solovyev A.V., Nestratov M.Yu., Shiyan S.I.,
Yakimenko I. V.** Stability assessment of downstream end of lock #1 at the Volga-Don waterway 164
Yakunin D.A. Economic-ecological consequences of pollution of the small rivers in changing climatic
conditions 170
Kasharin D.V., Godin P.A., Shiyan S.I. Examination of the working conditions of non-stationary
hydroelectric power stations and development of an algorithm for the calculation of their optimal
parameters 174
Kasharina T.P., Korenovsky A.M., Shiyan S.I. Reliability study of the work of membrane-cable struc-
tures made of composite materials 180

- OUR AUTHORS 187

Научное издание

ВЕСТНИК
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Научно-теоретический и производственно-практический журнал

Серия: Строительство и архитектура
2009. Вып. 13 (32)

Редактор *О.Е. Горячева*

Перевод на английский язык *Н.В. Бирюкова*

Компьютерная правка и верстка *О.Е. Горячева, О.В. Горячева*

Компьютерный дизайн обложки *О.Ю. Мелешин, Е.Л. Песчаная*

Информационно-библиографическое обслуживание выпуска *Е.В. Хромова*

Подписано в печать 12.02.09.

Формат 70 × 108/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.

Уч.-изд. л. 14,3. Усл. печ. л. 16,45. Тираж 500 экз. Заказ №

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»

Редакционно-издательский отдел

400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

Отпечатано в ООО «Царицынская полиграфическая компания»
400117, г. Волгоград, б-р 30-летия Победы, 11а

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

УДК 624.131:624.046

А.Н. Богомолов, С.И. Шиян, О.А. Богомолова

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ
В ОСНОВАНИИ ЗАГЛУБЛЕННОГО ФУНДАМЕНТА
В РАМКАХ ПРИБЛИЖЕННОГО РЕШЕНИЯ СМЕШАННОЙ ЗАДАЧИ
ТЕОРИИ УПРУГОСТИ И ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ ГРУНТА**

Приведено приближенное решение смешанной задачи теории упругости и теории пластичности грунта, в основу которого положено аналитическое решение первой основной граничной задачи теории упругости методами теории функций комплексного переменного. Приведен пример расчета, результаты которого с достаточной степенью точности совпали с поведением реального объекта.

К л ю ч е в ы е с л о в а: механика грунтов; пластические деформации; основания и фундаменты.

The authors give an approximated solution of the mixed problem of elasticity theory and soil plasticity theory, which is based on the analytical solution of the first main boundary problem of elasticity theory by means of methods of complex variable function theory. An example of the analysis is given, the results of which coincide with actual object behaviour with adequate enough accuracy degree.

К e y w o r d s: soil mechanics; plastic deformations; foundation engineering.

Для определения положения и формы областей пластических деформаций в основании сооружения в рамках смешанной задачи теории упругости и теории пластичности грунтов воспользуемся, в качестве исходного, аналитическим решением первой основной задачи теории упругости для весомой однородной изотропной полуплоскости с криволинейной границей [1], полученным методами теории функций комплексного переменного [2].

Функция, совершающая конформное отображение нижней полуплоскости $ImZ < 0$ на исследуемую область, получена в виде [1]

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

где $z=x+iy$; $\zeta=\xi+i\eta$; $\eta \leq 0$; C_0 ; C ; C_{2k+1} — любые, в том числе и комплексные коэффициенты; a и b — действительные числа, причем $b > 0$.

На рис. 1 в качестве примера приведены изображения изолиний безразмерных (в долях γh , где γ — объемный вес грунта; h — глубина заложения

фундамента) компонент напряжения σ_z ; σ_x и τ_{zx} в основании заглубленного ленточного фундамента, находящегося под действием равномерно распределенной нагрузки интенсивности $q/\gamma h = 2,5$. Имитация прямоугольного выреза проведена согласно [3]. Таким образом, считаем, что численные значения «упругих» напряжений в активной зоне фундамента нам известны.

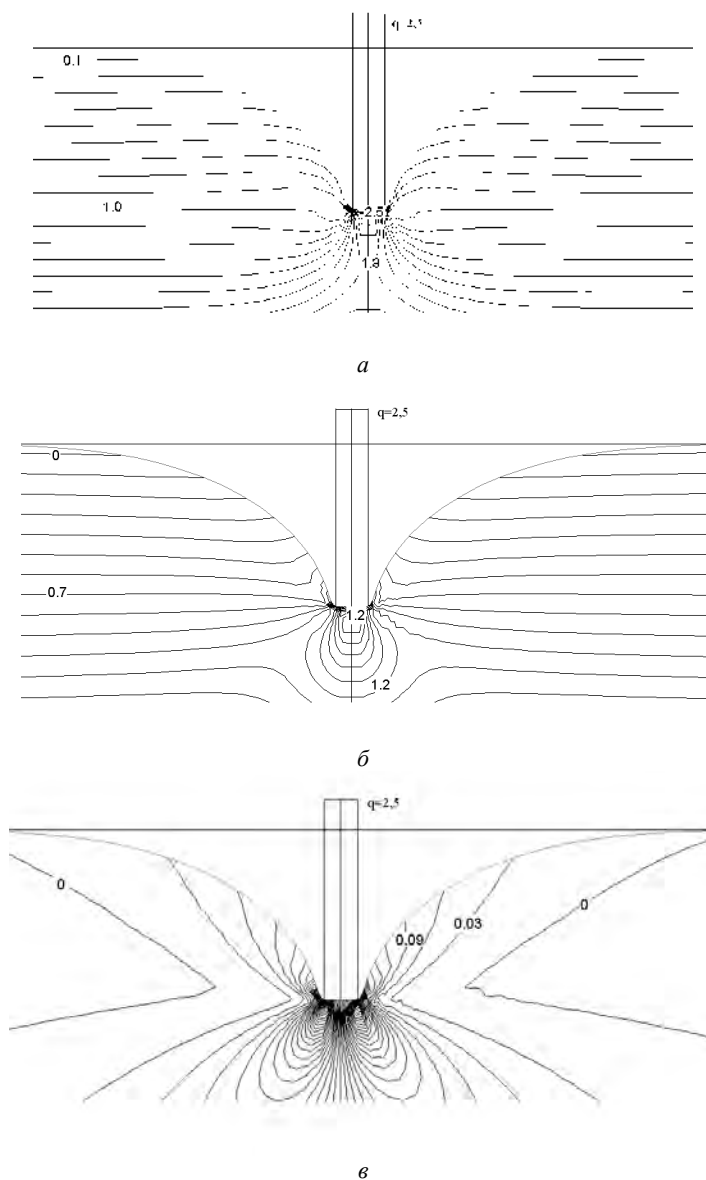


Рис. 1. Изолинии вертикальных σ_z (а), горизонтальных σ_x (б) и касательных τ_{zx} (в) напряжений в основании заглубленного фундамента

Модель смешанной задачи теории упругости и теории пластичности грунта подразумевает, что в процессе нагружения напряженно-деформированное состояние грунтового массива в упругих областях изменяется по законам линейной теории упругости, в пластических — по законам теории пластичности. Ме-

жду упругими и пластическими областями на каждом этапе нагружения существует четкая граница. В каждой точке этой границы выполняется условие неразрывности поля напряжений: нормальные и касательные к границе напряжения должны быть одинаковыми по обеим ее сторонам. В области линейной деформируемости должно выполняться условие совместности деформаций, в пластической области — условие пластичности. В каждой точке грунтового массива выполняются уравнения равновесия.

В [5] приведено приближенное решение задачи об упругопластическом распределении напряжений, которое базируется на допущениях:

1) участок наиболее вероятной линии разрушения, попавший при развитии зон пластических деформаций внутрь последних, не изменяет при этом своих положения и формы, т.е. угол наклона наиболее вероятной площадки сдвига останется прежним;

2) вертикальное напряжение σ_z в некоторой точке грунтового массива, определенное из аналитического решения задачи теории упругости, не меняет своего численного значения в случае «перехода» рассматриваемой точки из области упругих в область пластических деформаций.

Воспользовавшись этими допущениями и имея в виду, что численные значения «упругих» напряжений известны, удалось аналогично [5] представить выражения для вычисления значений компонент напряжений внутри области пластических деформаций в следующем виде [1]:

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

где σ_z ; σ_x ; τ_{xz} — безразмерные (в долях γh) компоненты напряжения от собственного веса грунта и внешней нагрузки в рассматриваемой точке, вычисленные на основе упомянутого выше решения задачи теории упругости; $\sigma_{cb} = C(\gamma h \operatorname{tg} \varphi)^{-1}$ — приведенное давление связности; $b = \operatorname{tg} 2\alpha^*$; $l = (1+b^2)^{0.5}$; $\alpha^* = \alpha - (45^\circ + \varphi/2)$; α — угол наклона наиболее вероятной площадки сдвига.

Для определения границ между областями упругих и пластических деформаций воспользуемся условиями неразрывности поля напряжений и строгого выполнения уравнений равновесия.

Пусть кривая AA' есть граница между упругой и пластическими областями, а точка B лежит на этой кривой (рис. 2). Вырежем мысленно в окрестности точки B бесконечно малую прямоугольную призму единичной высоты ДЕКМ, расположенную таким образом, что точка B лежит на ее диагонали, а сама диагональ ДК является касательной к кривой AA' в точке B . Разделим прямоугольную призму ДЕКМ на две треугольные призмы ДЕК и ДМК таким образом, что первая из них будет находиться в области упругих, а вторая — пластических деформаций.

Составим по два уравнения равновесия для обеих призм, выразим от туда нормальные σ_n и σ'_n и касательные τ_n и τ'_n составляющие полного напря-

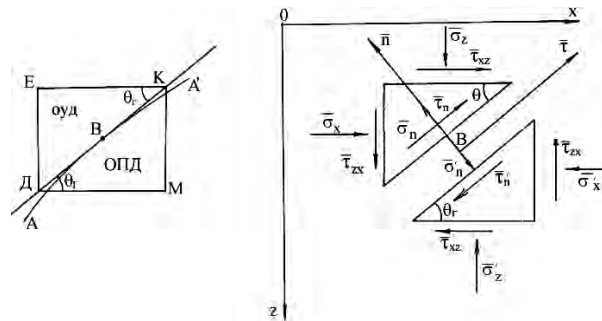


Рис. 2. Расчетная схема к решению смешанной задачи

Получим [1]:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} 2\theta &= \frac{2\{\tau_{xz}l + \sin\varphi[\tau_{xz} - b(\sigma_z + \sigma_{cb})]\}}{(\sigma_x - \sigma_z)(l + \sin\varphi) + 2\sin\varphi(\sigma_z + \sigma_{cb})}; \\ \sin\varphi_0 &= \frac{l(1 + \cos 2\theta)(\sigma_z - \sigma_x) + 2\tau_{xz}l \sin 2\theta}{(1 + \cos 2\theta)(\sigma_x - \sigma_z - 2\sigma_{cb}) - 2\sin 2\theta[b(\sigma_z + \sigma_{cb}) + \tau_{xz}]} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где θ — угол между касательной к границе ОПД в рассматриваемой точке и положительным направлением оси OX ; φ_0 — «граничное» (термин, может быть, не совсем удачен) значение угла внутреннего трения грунта (аналог угла наибольшего отклонения).

Если выполняется равенство $\varphi = \varphi_0$, то рассматриваемая точка должна находиться на границе ОПД, т.е. граница области пластических деформаций — это линия, в каждой точке которой выполняется условие $\varphi = \varphi_0$.

Направление развития областей пластических деформаций определяется из условия равенства максимальных касательных напряжений в каждой точке границы ОПД по обеим ее сторонам

$$\operatorname{tg} 2\theta_3 = \frac{l(\sigma_x - \sigma_z) + (\sigma_x - 2\sigma_{cb} - 3\sigma_z)\sin\varphi}{2\{\sin\varphi[(\sigma_z + \sigma_{cb})b + \tau_{xz}] + \tau_{xz}l\}}, \quad (4)$$

где θ_3 — угол наклона луча, вдоль которого происходит «зарождение» области пластических деформаций, к положительному направлению оси OX .

Известно, что в идеально связной среде касательные к обоим семействам поверхностей разрушения совпадают с направлением максимального касательного напряжения $\tau_{n \max}$. Если в формуле (4) положить $\varphi = 0$, получим известную формулу теории упругости, описывающую это обстоятельство:

$$\operatorname{tg} 2\theta_3 = \frac{\sigma_x - \sigma_z}{2\tau_{xz}}. \quad (5)$$

Таким образом, приведенный выше результат содержит в себе формулу (5) как частный случай.

С целью подтверждения возможности использования данного решения в строительной практике рассмотрим пример.

В [6] описывается разрушение силоса, связанное с выпором грунта основания из-под фундамента, произошедшее в США в 1940 г.

жения, действующего по наклонным граням призм ДЕК и ДМК через их компоненты σ_z ; σ_x ; τ_{xz} и σ'_z , σ'_x ; τ'_{xz} , а затем реализуем условия $\sigma_n = \sigma'_n$ и $\tau_n = \tau'_n$, учитывая при этом выражения (2).

Силос имел размеры: ширину $2b = 15$ м, длину $L = 68,5$ м (т.к. отношение $L/2b > 4,5$, то можно решать задачу в плоской постановке). В основании силоса залегали пластичные послеледниковые ленточные глины с прогрессирующей по глубине влажностью от 34 до 46 %. Сопротивление грунта сдвигу в условиях его природной плотности-влажности $C = \Sigma_w = 0,5$ Мпа (по Н.Н. Маслову [6]), объемный вес грунта $\gamma = 2$ т/м³. Глубина заложения фундамента $h = 3,25$ м, а нагрузка на основание к моменту аварии не превышала $q = 0,215$ Мпа. В [6] отсутствуют данные о величине угла внутреннего трения ϕ , однако, согласно [7], послеледниковым ленточным глинам, имеющим приведенное выше значение коэффициента сцепления и среднее значение влажности 40 %, соответствует величина $\phi = 6^\circ$.

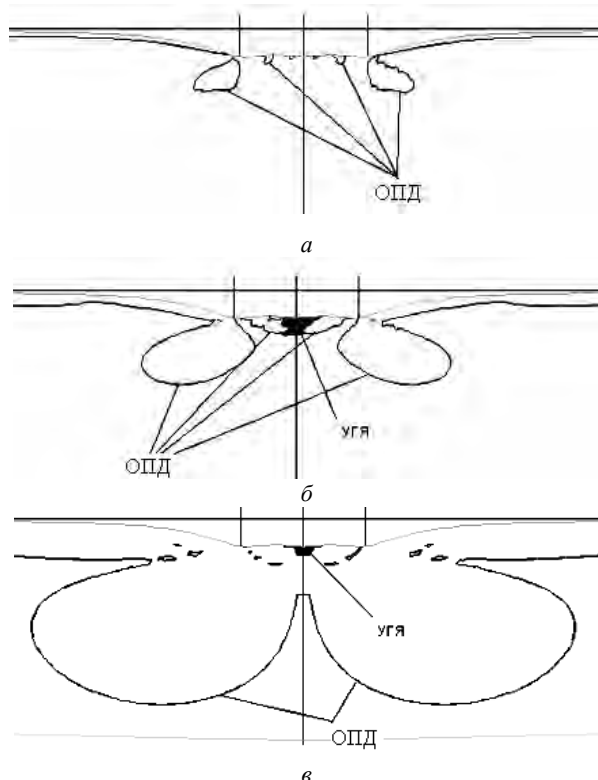


Рис. 3. Области пластических деформаций в основании силоса при значениях угла внутреннего трения $\phi=15^\circ$ (а); $\phi=10^\circ$ (б); $\phi=5^\circ$ (в)

В [6] сказано, что критические нагрузки на основание, вычисленные по формулам Вильямса и Хенки, равны $q_b = 0,276$ и $q_x = 0,282$ Мпа, а соответствующие им коэффициенты запаса устойчивости $K_b=1,28$ и $K_x=1,31$, что противоречит факту разрушения основания силоса.

Для определения областей предельного состояния грунта и критической нагрузки использована компьютерная программа [4], разработанная на основе приведенного выше решения смешанной задачи.

Вычисления проведены в следующем порядке. Сначала по данным [6] определены ОПД в основании силоса при трех значениях угла внутреннего

трения $\varphi = 5; 10; 15^\circ$. Затем при постоянном значении $\varphi = 6^\circ$, соответствующему данному виду грунта [7], варьировалась величина внешней нагрузки на основание силоса, для того чтобы определить, при какой ее интенсивности произойдет смыкание ОПД под фундаментом.

Полученная таким образом величина интенсивности внешней нагрузки принята равной ее критическому значению. Все расчеты проведены при величине коэффициента бокового давления грунта $\xi_0 = 0,75$, что соответствует глинистым грунтам [8].

Изображения областей пластических деформаций, полученных на первом этапе вычислений, приведены на рис. 3, из которого видно, что по мере уменьшения величины φ ОПД интенсивно развиваются вглубь, в стороны от фундамента и под него, постепенно включая в себя массивы грунта, расположенные выше подошвы последнего. При $\varphi = 5^\circ$ эти области сомкнуты. Процесс слияния ОПД под фундаментом, при всех прочих равных оговоренных выше условиях, начинается при $\varphi = 7,5^\circ$.

Расчетами установлено, что величина критической нагрузки, определенная из условия слияния областей предельного состояния грунта, равна $q = 0,195$ Мпа, т.е. на 29 и 30,5 % меньше значений, вычисленных по формулам Вильямса и Шелда. Величина коэффициента запаса устойчивости основания силоса, вычисленная по методике, разработанной в [1], оказалась равной $K=1,07$.

Выводы. Величина критической нагрузки на грунтовое основание силоса, вычисленная на основе приведенного выше решения для момента слияния областей пластических деформаций под фундаментом, и соответствующая ей величина коэффициента запаса устойчивости основания адекватно отражают поведение исследуемого объекта в натуре — его разрушение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богомолов А.Н. Расчет несущей способности оснований сооружений и устойчивости грунтовых массивов в упругопластической постановке. Пермь : ПГТУ, 1996. 150 с.
2. Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М. : АН СССР, 1966. 708 с.
3. Богомолов А.Н. Определение напряженного состояния основания сваи-стойки // Вестник Волгоградской государственной архитектурно-строительной академии. Сер.: Строительство и архитектура. 1999. Вып. № 1.
4. Богомолов А.Н., Ушаков А.Н., Редин А.В. Программа «STRESS PLAST» для ПЭВМ // Информационный листок о научно-техническом достижении № 313-96 / ЦНТИ. Волгоград, 1996. 3 с.
5. Цветков В.К. Расчет устойчивости однородных откосов при упругопластическом распределении напряжений в массиве горных пород // Известия вузов. Горный журнал. 1981. № 5. С. 45—52.
6. Маслов Н.Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии. М. : Высшая школа, 1968. 629 с.
7. Каган А.А. Расчетные характеристики грунтов. М. : Стройиздат, 1985. 136 с.
8. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. М. : Высшая школа, 1978. 447 с.

© Богомолов А.Н., Шиян С.И., Богомолова О.А., 2008

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

УДК 624.131

А.П. Долганов, С.И. Махова, В.Н. Синяков**ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫЕ ПОРОДЫ ТЕРРИГЕННО-КРЕМНИСТОЙ ФОРМАЦИИ ПАЛЕОГЕНА КАК ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР УСТОЙЧИВОСТИ СООРУЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ г. ВОЛГОГРАДА**

Приведены результаты анализа активного влияния структур палеогеновой формации на инженерно-геологические условия строительства и окружающую среду.

К л ю ч е в ы е с л о в а: устойчивость сооружений, инженерно-геологический фактор; грунты, физико-механические свойства, инженерно-геологические условия г. Волгограда

Results of analysis of active Paleogenic structures influence on engineering geology and environment, stability of construction of Volgograd city are presented.

К e y w o r d s: stability of constructions, engineering geological factor; soils, physical and mechanical properties, engineering geological conditions of Volgograd city.

Представления о мечеткинских и царицынских слоях палеогена как однородных горизонтах прочно вошло в инженерно-геологическую литературу. При этом гранулометрический состав пород был принят как один из важнейших классификационных показателей.

Применявшаяся классификация (табл.) была построена на относительном содержании двух основных фракций: песчаной и глинистой [1, гл. 12, 13].

Наименование пород	Содержание материала, %	
	Песчаного	Алевритового
Пески и песчаники	95	5
Пески и песчаники алевритовые	55	45
Алевриты и песчаники	45	55
Алевриты	5	95

Хотя приведенная классификация была положена в основу петрографических и минералогических исследований мечеткинских пород, при полевой документации и в описании кернового материала необходимо было дать название породы с учетом неравномерной и неравнопрочной цементации.

В природных обнажениях мечеткинские слои удерживают практически вертикальные откосы, а при бурении дают 100 % выхода керна. В то же время эти породы весьма неоднородны и являются тонко переслаивающейся толщей песков, песчано-алевритовых пород, песчаников (реже глин), прослеживающейся на значительные расстояния.

Для осадков свиты характерна зеленовато-серая окраска, обусловленная наличием в составе пород зеленых зерен глауконита, местами сменяющаяся интенсивно-зеленой. В нижней части толщи прослеживается прослой темно-серого песчаника. При высыхании осадки сохраняют зеленовато-серую окраску с некоторым осветлением.

Анализ литологического состава пород мечеткинских и царицынских свит палеогена позволили Н.М. Покровской (1960) выделить в них четыре

литолого-структурных типа: 1) песчано-алевритовые породы, сцементированные глинисто-опаловым цементом; 2) пески; 3) песчаники и 4) глины.

Песчано-алевритовые породы (ПАП), сцементированные глинисто-опаловым цементом. Как уже отмечалось, в гранулометрическом составе песчано-алевритовых пород наряду с преобладающей песчаной фракцией (от 2 до 0,05 мм) присутствуют в сравнительно большом количестве пылеватые частицы (0,05...0,005 мм) и тонкодисперсные фракции, цементирующие более грубый материал. По количеству цемента песчано-алевритовые породы можно разделить на очень слабо сцементированные и слабо сцементированные. Обломочный материал представлен здесь в основном кварцем. В составе цемента преобладает опалово-глинистое вещество. По данным петрографических исследований количество цемента в слабо сцементированных породах достигает 30...40 %.

Песчано-алевритовые породы обладают водно-коллоидными и жесткими связями, для оценки которых можно привести результаты их испытаний на раздавливание. Среднее значение временного сопротивления сжатию «очень слабо сцементированных» разностей близко к $1,5 \text{ кг/см}^2$, а «слабо сцементированных» — к $3,5 \text{ кг/см}^2$. Водно-коллоидные связи проявляются в пластичных свойствах грунта. Средняя величина числа пластичности равна 8,5, т.е. породы по этому признаку приближаются к супесям. По значению числа пластичности можно выделить две разности: суглинистые, для которых число пластичности выше 10, и малоглинистые, приближающиеся к супесям.

Пески. К пескам относятся породы, лишенные жестких и водно-коллоидных связей, т.е. несцементированные. По гранулометрическому составу это тонко- и мелкозернистые пески, отличающиеся в большинстве случаев значительной однородностью и содержанием глинистых частиц не более 3 %. Менее широко распространены крупно- и среднезернистые, а также разноезернистые разности. В толще песков иногда встречаются включения ризолитов и гальки песчаника.

По минералогическому составу пески кварцево-глауконитовые, количество глауконита резко колеблется, в связи с чем окраска их изменяется от серой до серо-зеленой.

В естественных обнажениях песчаные горизонты нередко фациально замещаются песчано-алевритовыми породами. Для песчаных горизонтов характерны следующие текстурные особенности: наряду с горизонтальной слоистостью в них наблюдается прерывистая, косая или вихревая, иногда волнистая слоистость. Тектурные изменения свидетельствуют о различных микрофациальных условиях, в которых формировались осадки.

Песчаники. В тип песчаников выделяются породы, имеющие хорошо выраженные жесткие связи. По крупности зерна преобладают песчаники тонкие и мелкозернистые, значительно реже встречаются крупно- и разноезернистые. По минералогическому составу они кварцево-глауконитовые, имеют зеленовато-серую окраску.

Отличительной особенностью песчаников является их неравномерная цементация. По сравнению с песчано-алевритовыми породами песчаники характеризуются значительно большей механической прочностью и крепостью. По этим признакам они подразделяются на следующие три группы:

1) слабые песчаники, легко колются молотком, но небольшие куски их с трудом разламываются руками. При раздавливании не разрушаются на составные зерна. Цементом служит опалово-глинистое вещество. Временное сопротивление сжатию достигает 3 МПа;

2) средней крепости песчаники. Порода руками уже не ломается и труднее колетса молотком, издавая чистый звонкий звук при ударе. Цемент в основном представлен опалом. Временное сопротивление сжатию колеблется от 4...5 до 7...10 МПа;

3) крепкие песчаники с опалово-халцедоновым цементом. Молотком колются с трудом. Временное сопротивление сжатию от 7...10 МПа и выше. Из этой группы могут быть выделены сливные, скальные, очень крепкие разности, имеющие халцедоновый цемент; их временное сопротивление сжатию свыше 1000 кг/см².

В зависимости от соотношения опала в цементе и кластогенного материала наблюдается целая серия переходных разностей: от песчаников до опок. Классификация пород этого ряда теоретически не разработана или разработана очень мало.

Глины. Пластичные породы, содержащие в своем составе большое количество глинистых и тонкопесчаных и пылеватых частиц (до 79 %), выделены в отдельный тип пород как глины.

Как правило, в разрезе отложений верхнего эоцена прослой глины отличаются небольшой мощностью — от 0,5 до 6,0 м. В минералогическом составе глины присутствует иллит, в сравнительно меньшем количестве содержатся монтмориллонит, метагаллазит и другие глинистые минералы, иногда глауконит. Глины обычно тяжелые, но встречаются средние и легкие разности. Характерным является присутствие многочисленных мелких линз пыли и прослоечков песка, а также многочисленных ходов-иллоедов, как правило, заполненных песчаным материалом.

Текстура глины тонкослоистая, микроструктура однородная. При выветривании глины распадаются на плитчатую отдельность. Консистенция глины обычно тугопластичная, но там, где глины залегают близко в водоносному горизонту, они приобретают мягкопластичную консистенцию. Окраска темная, зеленовато-серая. Глины, как правило, относятся к грунтам с высокой влажностью и пористостью и отличаются относительно низкими значениями коэффициента сопротивления сдвигу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геология района сооружений Волго-Дона / Н.М. Покровская, Н.П. Синяков и др. М. : Госэнергоиздат, 1960. 416 с.

© Долганов А.П., Махова С.И., Синяков В.Н., 2008

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

УДК 69.021.15

С.И. Евтушенко, Т.А. Крахмальный, М.А. Шубин, В.Н. Синяков

ИЗУЧЕНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОСНОВАНИЯ ПОД ЖЕСТКИМИ КВАДРАТНЫМИ ШТАМПАМИ

Приведены результаты измерений, выполненных в процессе экспериментальных исследований работы песчаного основания и сборного ленточного фундамента, состоящего из жестких квадратных штампов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: фундаменты сборные ленточные; основания и фундаменты; подпорные сооружения.

In article results of the measurements performed in the course of eksperimental researches of work of the sandy basis and modular tape fundament, consisting of rigid square stamps are resulted.

К е у w o r d s: pre-fabricated continuous footings; foundation engineering; retaining constructions.

Сегодня строительный комплекс представляет собой одну из наиболее динамично развивающихся отраслей российской экономики. Объемы строительства в России, и в частности в Ростовской области, постоянно увеличиваются. При этом все чаще строительство ведется на холмах и берегах рек, где необходимо укрепление склонов подпорными стенами. В настоящее время актуальным направлением развития фундаментостроения является разработка новых конструкций подпорных сооружений в виде протяженных в плане фундаментов. Среди инновационных типов фундаментов перспективными с точки зрения экономии материала являются ленточные фундаменты с ломаным очертанием опорных плит, фундаменты из сборных квадратных плит, протяженные в плане подпорные стены.

В [1, 2] приводились результаты экспериментальных исследований несущей способности сборных ленточных фундаментов, состоящих из трех квадратных жестких штампов при их различной постановке. Приводились графики зависимости осадки от нагрузки, построенные по показаниям прогибомера 6-ПАО.

Первоначально в качестве моделей фундамента были выбраны три квадратных металлических штампа размерами 354×354 мм. Рассмотрено влияние поворота штампов на угол 45° на несущую способность и осадку песчаного основания и влияние раздвижки штампов с созданием «арочного эффекта».

В ряде случаев раздвижка штампов фундамента невозможна (например, при строительстве протяженной в плане подпорной стены). Однако возможно применение ломаного очертания краевой зоны [3, 4]. Дальнейшие исследования были направлены на изучение напряженного состояния основания под квадратными жесткими штампами при постановке их под углом 45°, в поперечном створе фундамента, как показано на рис. 1. С этой целью в массиве основания были размещены по ортогональной сетке месдозы с шагом 0,2b, до глубины $z = 0,8b$ (рис. 2).

Установка всех тензометрических преобразователей в песчаное основание в процессе его послойного формирования производилась с включенной

измерительной тензостанцией СИИТ-3 и персональным компьютером АСНИ. Подключение измерительных приборов к станции СИИТ-3 еще до укладки в массив, а также использование специализированных программных средств (Комплекс-1, Комплекс-2), разработанных на кафедре САПР ОСФ университета, дает возможность контролировать их начальное положение и облегчает процесс формирования основания.

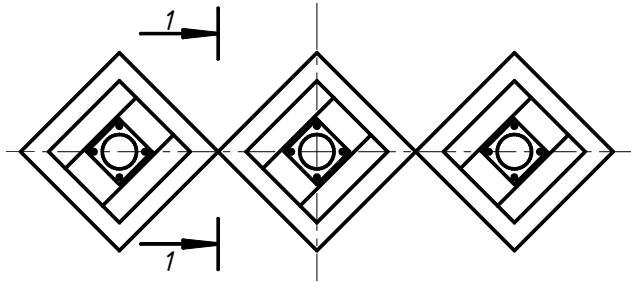


Рис. 1. Исследуемый створ модели фундамента

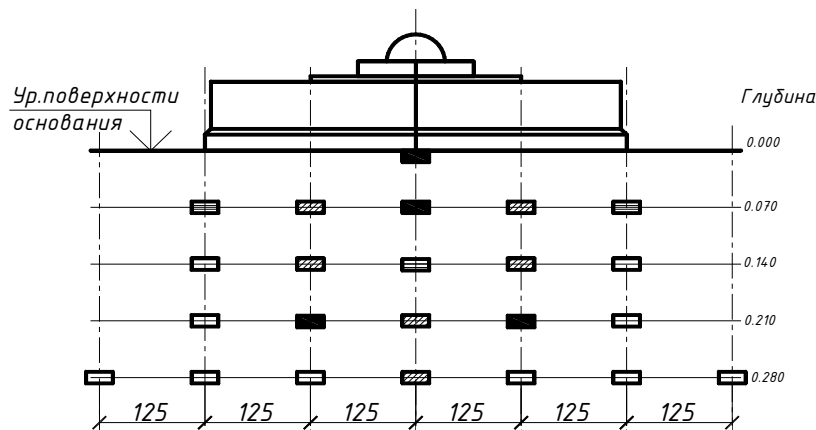


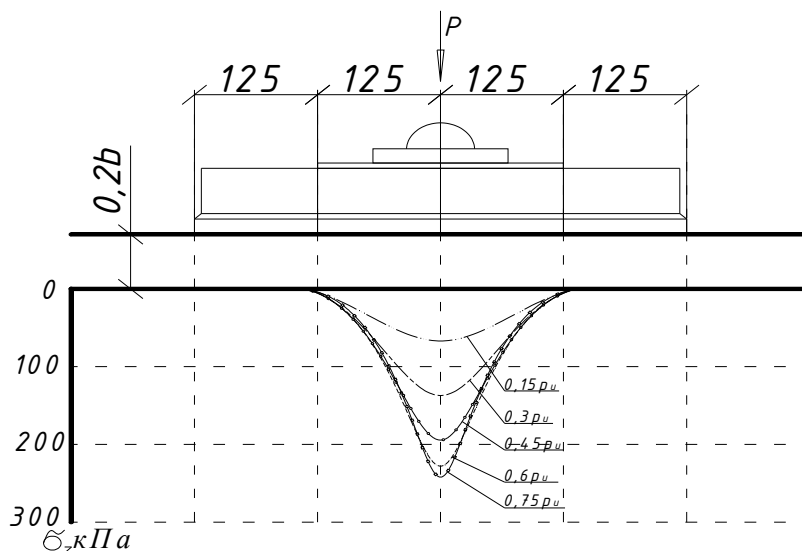
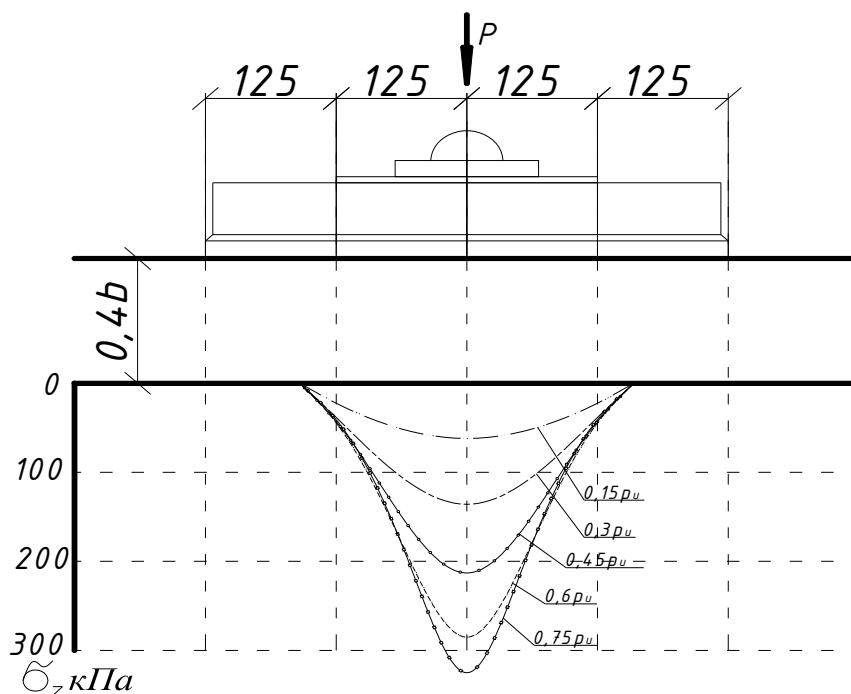
Рис. 2. Схема расстановки месдоз в разрезе 1-1: ■ — месдозы M96; ▨ — месдозы MK54; ▤ — месдозы MK37; □ — месдозы MK24

По полученным экспериментальным данным были построены эпюры напряжений σ_z в поперечном створе модели фундамента на различной глубине, приведенные на рис. 3—6.

В контактном слое напряжение σ_z возникает только под подошвой фундамента и носит линейный характер, т.е. от угла штампа в глубь основания по оси фундамента. Значения контактных напряжений в промежутках между жесткими штампами отсутствуют, так как в этой области нет контакта между подошвой фундамента и основанием.

Эпюра напряжений σ_z в поперечном створе модели фундамента на глубине $z = 0,2b$ (рис. 3) распределяется по ширине 0,256 м и на начальных стадиях загрузки до $P = 0,3P_u$ носит плавный параболический характер. На следующих стадиях загрузки эпюра σ_z вытягивается вдоль оси фундамента и приобретает ярко выраженный экстремум.

Эпюра напряжений σ_z , возникающих в поперечном створе фундамента на глубине $z = 0,4b$ (рис. 4) аналогична эпюре напряжений на глубине $0,2b$, однако увеличивается зона распределения напряжений и ширина этой зоны равна $0,290$ м. На начальных ступенях загрузки до $P = 0,3P_u$ наблюдается плавная параболическая эпюра, а на следующих ступенях до $P = 0,75P_u$ эпюра вытягивается вдоль оси фундамента и экстремум резко увеличивается.

Рис. 3. Эпюра напряжений σ_z на глубине $z = 0,2b$ Рис. 4. Эпюра напряжений σ_z на глубине $z = 0,4b$

На глубине $z = 0,6b$ (рис. 5) эпюра напряжений σ_z , возникающих в поперечном створе фундамента, также носит параболический характер. На завершающих ступенях нагружения при $P = 0,6P_u$ и $P = 0,75P_u$ она приобретает параболообразный вид. Ширина активной зоны возникающих напряжений равна 0,525 м.

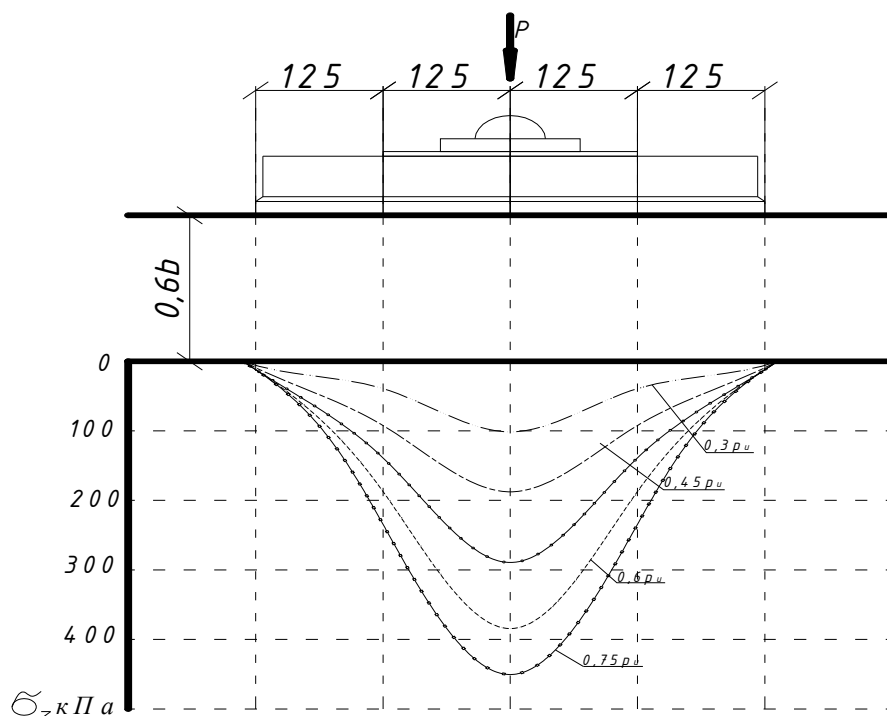


Рис. 5. Эпюра напряжений σ_z на глубине $z = 0,6b$

Эпюра напряжений σ_z , которая возникает в поперечном створе фундамента на глубине $z = 0,8b$ (рис. 6), уже значительно отличается по форме от ранее приведенных эпюр в вышележащих слоях. На начальных стадиях нагружения до величины $P = 0,45P_u$ эпюра носит седлообразный характер. Однако при дальнейшем нагружении эпюра приобретает параболическую форму, но уже без ярко выраженного экстремума. Ширина активной зоны действия эпюры равна 0,78 м.

Приведенные выше результаты экспериментов, свидетельствуют о том, что уже на глубине z , равной ширине фундамента b , песчаное основание работает как при сплошном фундаменте прямоугольной формы.

Выводы. 1. Экспериментально, на опытах с жесткими квадратными штампами, установлен факт увеличения несущей способности основания при увеличении периметра модели ленточного фундамента. Несущая способность основания ленточного фундамента при повороте штампов на угол 45° в среднем увеличивается на 18 %, а прерывистого фундамента с раздвижкой — в среднем на 34 % по сравнению с линейной установкой элементов.

2. При разборке основания жесткого штампа было наглядно зафиксирована форма и размеры упругого ядра основания. Очевидно, что в нижней час-

ти упругие ядра основания трех штампов пересекаются и нижние слои основания каждого штампа работают совместно.

3. Принцип увеличения несущей способности жестких штампов при повороте на 45° использован в новых конструкциях подпорной стены и ленточного фундамента, закрепленных патентами на полезную модель.

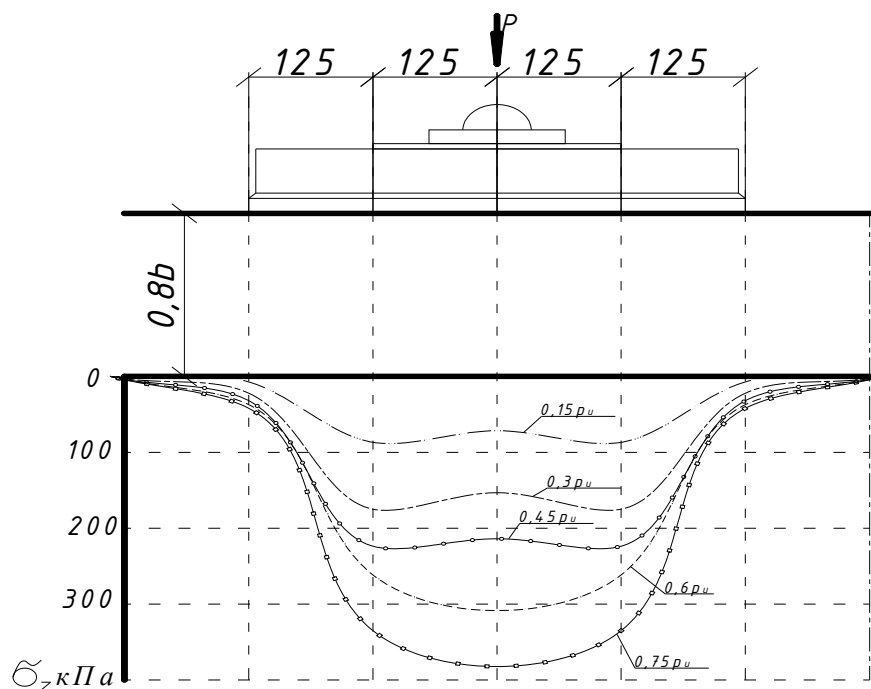


Рис. 6. Эпюра напряжений σ_z на глубине $z = 0,8b$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крахмальный Т.А. Опытные исследования работы квадратных штампов в ленточном фундаменте // Строительство-2006 : материалы Междунар. конфер. Ростов н/Д : Рост. гос. строит. ун-т, 2006. С. 179.
2. Евтушенко С.И., Крахмальный Т.А. Разработка новых конструкций протяженных фундаментов, эффективно использующих несущую способность основания // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Стр-во и архит. 2008. Вып. 10 (29). С. 122.
3. Пат. 49543 Российская Федерация U1 49543 RU МПК(51) E 02 D 29/02, E 02 B 3/06 Подпорная стена / Мурзенко Ю.Н., Евтушенко С.И., Мурзенко А.Ю., Крахмальный Т.А.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт). №2005121969/22, заявл. 11.07.2005; опубл. 27.11.2005, бюл. № 33.
4. Пат. 55386 Российская Федерация U1 55386 RU МПК(51) E 02 D 27/01. Ленточный фундамент / Мурзенко Ю.Н., Евтушенко С.И., Мурзенко А.Ю., Крахмальный Т.А.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт). №2005138664/22, заявл. 12.12.2005; опубл. 10.08.2006, бюл. № 22.

© Евтушенко С.И., Крахмальный Т.А.
Синяков В.Н., Шубин М.А., 2008

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

УДК 624:539.4

Ю.В. Клочков, А.П. Николаев

РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТОВ-ОБОЛОЧЕК С ВЕТВЯЩИМСЯ МЕРИДИАНОМ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Изложен алгоритм конечно-элементного расчета фундаментов в форме оболочек вращения с ветвящимся меридианом. В качестве основания рассматривается модель упругого основания Винклера, которое сопротивляется нормальным и касательным смещениям его поверхности с разложением реакции основания на нормальные и касательные составляющие. Элементом дискретизации выбран четырехугольный фрагмент срединной поверхности фундамента-оболочки с 18 степенями свободы в узле. Приведен пример расчета.

К л ю ч е в ы е с л о в а: фундаменты-оболочки, расчет; оболочки вращения с ветвящимся меридианом; основания и фундаменты.

In the article is stated algorithm finite-element calculation of foundations in the form of shells of rotating with branched meridian. As basis is considered model of elastic foundation Winkler, which resists normal and tangent displacements, its surface with the decomposition of reactions of basis on normal and tangent component. Discrete element is choose rectangular fragment of reference surfaces of foundation-shells with 18 degrees of freedom in the node. Cited an Instance calculation.

К e y w o r d s: shell foundations, analysis; shells of revolution with ramified meridian; foundation engineering.

В настоящее время перспективными конструкциями становятся фундаменты-оболочки. Полевые испытания показывают, что эффективность фундаментов-оболочек в вытрамбованных котлованах в 2,5...3 раза выше, по сравнению с традиционными типами фундаментов. В то же время расчет на прочность такого рода конструкций аналитическими методами представляет определенные трудности. Наиболее эффективными при расчете фундаментов-оболочек являются численные методы расчета. В настоящей работе излагается алгоритм расчета фундамента, представляющего собой оболочку вращения с ветвящимся меридианом. В качестве модели основания используется модель основания Винклера, учитывающая реакции смещениям как по нормали, так и по касательной к поверхностям опирания фундамента [1].

Для дискретизации конструкции фундаментов (рис. 1) используется четырехугольный фрагмент срединной поверхности оболочки вращения с узлами i, j, k, l , границы которого в общем случае могут не совпадать с линиями главных кривизн.

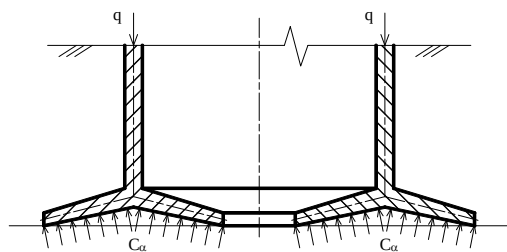


Рис. 1

В качестве узловых варьируемых параметров используемого дискретного элемента принимаются компоненты вектора перемещения, их первые, вторые и смешанные производные по глобальным координатам S (длина дуги меридиана) и θ (угол, отсчитываемый от образующей против хода часовой стрелки)

$$\left\{U_y^r\right\}_{1 \times 72}^T = \left\{\left\{u_y^r\right\}_{1 \times 24}^T \left\{v_y^r\right\}_{1 \times 24}^T \left\{w_y^r\right\}_{1 \times 24}^T\right\}, \quad (1)$$

$$\text{где } \left\{q_y^r\right\}_{1 \times 24}^T = \left\{q^i q^j q^k q^l q_{,s}^i \dots q_{,s}^l q_{,\theta}^i \dots q_{,\theta}^l q_{,ss}^i \dots q_{,ss}^l q_{,\theta\theta}^i \dots q_{,\theta\theta}^l q_{,s\theta}^i \dots q_{,s\theta}^l\right\}.$$

Здесь под q понимается меридиональная u , кольцевая v или нормальная w компоненты вектора перемещения, а запятая означает операцию дифференцирования по соответствующей координате S или θ .

Для учета взаимодействия фундамента-оболочки с грунтом основания используется модель основания Винклера, согласно которой упругое основание сопротивляется нормальным и касательным смещениям его поверхности с разложением реакции основания на нормальные и касательные составляющие [1].

Сопротивление грунтового основания вертикальным и горизонтальным смещениям на глубине z будет определяться следующими коэффициентами постели (рис. 2): по вертикальному направлению C_z ; по боковым граням сооружения в горизонтальном направлении C_x ; по касательному горизонтальному направлению $C_{\tau z} = \beta_1 C_z$; по касательному вертикальному направлению $C_{\tau x} = \beta_2 C_x$ (β_1, β_2 — эмпирические коэффициенты).

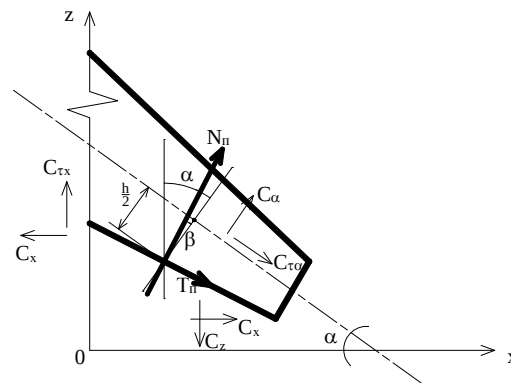


Рис. 2

Изменение коэффициента постели в зависимости от вертикальной координаты принято по линейному закону.

Если нормаль к поверхности основания составляет с вертикалью угол α , то коэффициенты постели в направлении нормали C_α и касательной $C_{\tau\alpha}$ могут быть определены по формулам

$$C_\alpha = C_z \cos^2 \alpha + C_x \sin^2 \alpha, \\ C_{\tau\alpha} = C_{\tau z} \cos^2 \alpha + C_{\tau x} \sin^2 \alpha. \quad (2)$$

Реактивные силы упругого основания в направлении нормали N и в тангенциальном направлении T соответственно равны

$$N_\Pi = C_\alpha w; \quad T_\Pi = -C_{\tau\alpha} u_\Pi, \quad (3)$$

где u_Π — меридиональное перемещение подошвы (соответствует меридиональному перемещению оболочки с координатой $\zeta = -h/2$, h — толщина оболочки).

Входящее в (3) перемещение u_Π на основании гипотезы прямых нормалей определяется через перемещения соответствующей точки срединной поверхности оболочки

$$u_\Pi = u + 0,5h\varphi, \quad (4)$$

где u — меридиональное перемещение; φ — угол поворота нормали к срединной поверхности, вычисляемый по формуле

$$\varphi = w_{,s} - uk. \quad (5)$$

Входящая в (5) кривизна меридиана оболочки равна

$$k = r_{,xx} \chi_{,s}^3, \quad (6)$$

где $r_{,xx}$ — вторая производная радиуса вращения оболочки по осевой координате; $\chi_{,s} = 1/\left(\sqrt{1+r_{,x}^2}\right)$.

Тангенциальную силу упругого основания T_{Π} можно привести к соответствующей точке срединной поверхности, заменив ее следующими величинами

$$m = 0,5hT_{\Pi} \cos\beta; \quad N = T_{\Pi} \cos\beta; \quad Q = T_{\Pi} \sin\beta, \quad (7)$$

где m — момент сил сопротивления на единицу длины дуги срединной поверхности; N и Q — проекции силы T_{Π} в меридиональном и нормальном к срединной поверхности направлениях; β — угол наклона нормали подошвы фундамента к нормали срединной поверхности (рис. 2).

На основании принципа возможных перемещений для оболочки на упругом основании запишем функционал

$$\int_V \{\varepsilon^{\zeta}\}^T \{\sigma\} dV = \int_F \{U\}^T \{P\} dF - \int_F w C_{\alpha} w dF - \int_F u N dF - \int_F w Q dF - \int_F m \varphi dF, \quad (8)$$

где $\{\varepsilon^{\zeta}\}_{\zeta} = \{\varepsilon_{11}^{\zeta} \varepsilon_{22}^{\zeta} \varepsilon_{12}^{\zeta}\}$; $\{\sigma\} = \{\sigma_{11} \sigma_{22} \sigma_{12}\}$ — столбцы деформаций и напряжений в произвольном слое оболочки, отстоящем от срединной поверхности на расстоянии $\zeta \left(-\frac{h}{2} \leq \zeta \leq \frac{h}{2}\right)$; $\{U\}^T = \{uvw\}$ — матрица-строка, содержащая компоненты вектора перемещения точки срединной поверхности оболочки; $\{P\}^T = \{P_{11} P_{22} P_{12}\}$ — столбец внешней нагрузки.

Входящие в правую часть функционала (8) интегралы, учитывающие работу наклонного упругого основания, содержат компоненты вектора перемещения u , w и их производные, которые интерполируются через свои узловые значения следующим образом

$$u = \{A_1\}_{1 \times 72}^T \{U_y^n\}_{72 \times 1}; \quad w = \{A_2\}_{1 \times 72}^T \{U_y^n\}_{72 \times 1}; \quad w_{,s} = \{A_{2,s}\}_{1 \times 72}^T \{U_y^n\}_{72 \times 1}, \quad (9)$$

где $\{A_1\}_{1 \times 72}^T = \left\{ \left\{ \phi \right\}_{1 \times 24}^T \left\{ o \right\}_{1 \times 24}^T \left\{ o \right\}_{1 \times 24}^T \right\}$; $\{A_2\}_{1 \times 72}^T = \left\{ \left\{ o \right\}_{1 \times 24}^T \left\{ o \right\}_{1 \times 24}^T \left\{ \phi \right\}_{1 \times 24}^T \right\}$;

$$\{A_{2,s}\}_{1 \times 72}^T = \left\{ \left\{ o \right\}_{1 \times 24}^T \left\{ o \right\}_{1 \times 24}^T \left\{ \phi_{,s} \right\}_{1 \times 24}^T \right\}; \quad \{U_y^n\}_{72 \times 1}^T = \left\{ \left\{ u_y^n \right\}_{1 \times 24}^T \left\{ v_y^n \right\}_{1 \times 24}^T \left\{ w_y^n \right\}_{1 \times 24}^T \right\};$$

$$\{q_y^n\}_{1 \times 24}^T = \left\{ q^i q^j q^k q^l q_{,\xi}^i q_{,\xi}^j q_{,\xi}^k q_{,\xi}^l q_{,\eta}^i \dots q_{,\eta}^l q_{,\xi\xi}^i \dots q_{,\xi\xi}^l q_{,\eta\eta}^i \dots q_{,\eta\eta}^l q_{,\xi\eta}^i \dots q_{,\xi\eta}^l \right\}.$$

Здесь матрица-строка $\{\phi\}^T$ содержит произведения полиномов Эрмита пятой степени, а ξ и η представляют собой локальные координаты $-1 \leq \xi, \eta \leq 1$.

Вышеупомянутые интегралы с учетом (9) преобразуются следующим образом

$$\begin{aligned}
\int_F w C_\alpha w dF &= \left\{ U_y^n \right\}^T \int_F \left\{ A_2 \right\}^T dF \left\{ U_y^n \right\}; \\
\int_F u N dF &= \left\{ U_y^n \right\}^T \int_F \left\{ A_1 \right\} N dF; \\
N &= \left[-c_{\tau\alpha} \cos \beta \left\{ A_1 \right\}^T + 0,5h \left\{ A_{2,s} \right\}^T - 0,5hk \left\{ A_1 \right\} \right] \left\{ U_y^n \right\}; \\
\int_F w Q dF &= \left\{ U_y^n \right\}^T \int_F \left\{ A_3 \right\} Q dF; \\
Q &= \left[-c_{\tau\alpha} \sin \beta \left\{ A_1 \right\}^T + 0,5h \left\{ A_{2,s} \right\}^T - 0,5h \cdot k \left\{ A_1 \right\} \right] \left\{ U_y^n \right\}; \\
\int_F m \phi dF &= \left\{ U_y^n \right\}^T \int_F \left(\left\{ A_{2,s} \right\} - k \left\{ A_1 \right\} \right) m dF; \\
m &= 0,5h \left[-c_{\tau\alpha} \cos \beta \left(\left\{ A_1 \right\}^T + 0,5h \left\{ A_{2,s} \right\}^T - 0,5hk \left\{ A_1 \right\} \right) \right] \left\{ U_y^n \right\}. \quad (10)
\end{aligned}$$

Столбец узловых неизвестных в локальной системе координат ξ, η может быть выражен через столбец узловых варьируемых параметров в глобальной системе координат S, θ

$$\left\{ U_y^n \right\} = [P_R] \left\{ U_y^r \right\}, \quad (11)$$

где элементы матрицы $[P_R]$ формируются на основе соотношений

$$\begin{aligned}
q_{,\xi}^m &= q_{,s}^m S_{,\xi}^m + q_{,\theta}^m \theta_{,\xi}^m; \\
q_{,\eta}^m &= q_{,s}^m S_{,\eta}^m + q_{,\theta}^m \theta_{,\eta}^m; \\
q_{,\xi\xi}^m &= q_{,ss}^m \left(S_{,\xi}^m \right)^2 + 2q_{,s\theta}^m S_{,\xi}^m \theta_{,\xi}^m + q_{,\theta\theta}^m \left(\theta_{,\xi}^m \right)^2; \\
q_{,\eta\eta}^m &= q_{,ss}^m \left(S_{,\eta}^m \right)^2 + 2q_{,s\theta}^m S_{,\eta}^m \theta_{,\eta}^m + q_{,\theta\theta}^m \left(\theta_{,\eta}^m \right)^2; \\
q_{,\xi\eta}^m &= q_{,ss}^m S_{,\xi}^m S_{,\eta}^m + q_{,s\theta}^m \left(S_{,\xi}^m \theta_{,\eta}^m + S_{,\eta}^m \theta_{,\xi}^m \right) + q_{,\theta\theta}^m \theta_{,\xi}^m \theta_{,\eta}^m + q_{,s}^m S_{,\xi\eta}^m + q_{,\theta}^m \theta_{,\xi\eta}^m. \quad (12)
\end{aligned}$$

Верхний индекс m в (12) обозначает узлы четырехугольного конечного элемента i, j, k, l .

Минимизируя функционал (8) с использованием стандартных процедур [2] МКЭ, можно получить матрицу жесткости и вектор сил четырехугольного конечного элемента.

При формировании матриц жесткости дискретных элементов, примыкающих к узлу сочленения нескольких оболочек, столбец узловых варьируемых параметров одной из них принимается за основной. Узловые неизвестные конечных элементов остальных оболочек выражаются через столбец узловых неизвестных основной оболочки, исходя из следующих условий сопряжения: 1) инвариантности векторов перемещений точек сопряжения; 2) равенства первых и вторых производных вектора перемещения вдоль кривой пересечения; 3) равенства углов поворота нормали вокруг окружной касательной; 4) равенства сдвигающих усилий и моментов. В итоге были получены 14 соотношений для выражения 14 узловых варьируемых параметров примыкающей оболочки через узловые неизвестные основной оболочки. Ос-

новые 4 компоненты остаются свободными и варьируются как неизвестные примыкающей оболочки.

В качестве примера решена задача определения напряжений в кольцевом железобетонном фундаменте, расчетная схема которого приведена на рис. 3. Были приняты следующие исходные данные: $E = 2,8 \cdot 10^4$ МПа, $\mu = 0,15$, $r = 2,5$ м, $\alpha = 30^\circ$, $P = 318$ кН/м, $l = 1,0$ м, $H = 1,0$ м.

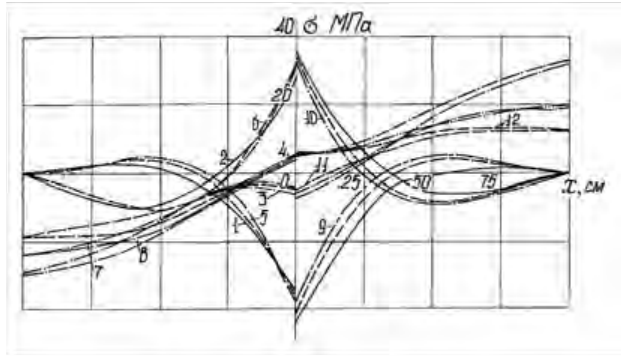


Рис. 3

Толщина цилиндрической части оболочки постоянная и равна 0,05 м, толщина конических частей изменяется по линейному закону от 0,05 в узле сопряжения до 0,02 м в концевых сечениях. Расчет был выполнен при различных значениях коэффициента C_z . Значения коэффициента C_x принимались равными $0,5 C_z$.

На рис. 3 изображены графики изменения напряжений в конических частях фундамента в зависимости от радиальной координаты x с началом в узле соединения оболочек при $C_z = 6 \cdot 10^4$ кН/м³. Кривые 1 и 2 представляют зависимости меридиональных, а кривые 3, 4 — кольцевых напряжений в верхних и нижних волокнах конусов, соответственно без учета момента сил трения по подошве фундамента. Кривые 5, 6, и 7, 8 показывают изменение тех же величин при учете момента, возникающего от сил трения. Из рисунка видно, что влияние указанного силового фактора значительно и подлежит обязательному учету при расчете фундаментов-оболочек. На рис. 4 приведено изменение меридиональных напряжений в верхних и нижних волокнах: кривыми 1, 2 при $C_z = 2 \cdot 10^4$ кН/м³, кривыми 5, 6 при $C_z = 6 \cdot 10^4$ кН/м³, а кривыми 9, 10 при $C_z = 12 \cdot 10^4$ кН/м³. Линии 3, 4 и 7, 8, а также 11, 12 изображают распределение кольцевых напряжений при тех же условиях. Видно, что с увеличением C_z кольцевые напряжения уменьшаются, а меридиональные изменяются незначительно. В цилиндрической части фундамента напряжения значительно ниже, чем в конусах, и их максимальные значения в зоне сочленения для рассматриваемых случаев не превышают 14 МПа.

Описанный алгоритм реализован в программе для РС класса Pentium, которая может быть использована в расчетной практике проектных организаций, занятых проектированием и расчетом фундаментов сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глушков Г.И. Расчет сооружений, заглубленных в грунт. М.: Стройиздат, 1977. 295 с.
2. Постнов В.А., Хархурим И.Я. Метод конечных элементов в расчетах судовых конструкций. Л.: Судостроение, 1974. 344 с.

© Клочков Ю.В., Николаев А.П., 2008

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

УДК 69.021.15

*Т.А. Крахмальный, С.И. Евтушенко, М.А. Шубин, В.Н. Синяков***ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЛЕНТОЧНОГО
ФУНДАМЕНТА С ЛОМАНЫМ ОЧЕРТАНИЕМ ОПОРНОЙ ПЛИТЫ**

Приведены результаты экспериментальных исследований работы крупномасштабных моделей и песчаного основания сборных ленточных фундаментов с ломаным очертанием опорной плиты и примеры расчета данной конструкции в программном комплексе Structure CAD.

К л ю ч е в ы е с л о в а: фундаменты ленточные; плиты опорные; основания и фундаменты, расчет.

In article results of experimental researches of work of large-scale models and the sandy basis of national teams tape fundament with a broken outline of a basic plate are resulted. Examples of calculation of the given design in program complex Structure CAD are resulted.

К e y w o r d s: continuous footings; bedplates; foundation engineering, analysis.

На сегодняшний день перед строителями стоят задачи, которые обуславливают необходимость создания новых конструкций фундаментов, отличающихся экономичностью, вместе с тем не снижающих свои показатели по надёжности, а так же разработки методов расчета таких фундаментов. Особое внимание уделяется применению именно ленточных фундаментов, позволяющих получить экономию материальных затрат и снижающих общую трудоемкость возведения фундаментов.

Поэтому создание и внедрение в строительную практику прогрессивных конструкций ленточных фундаментов, а так же разработка уточненных методов расчета, усовершенствование методики их проектирования является весьма актуальным направлением и требует проведения экспериментальных и теоретических исследований.

Создание новых конструкций сборных ленточных фундаментов с ломаным очертанием опорных плит позволит более полно использовать несущую способность грунтового основания, что приведет к экономии материала на 10...15 %.

Авторами экспериментально исследовалась конструкция сборного ленточного фундамента с ломаным очертанием опорной плиты. Ломаное очертание опорной плиты моделировалось на гибкой модели из многослойной фанеры толщиной 20 мм. Длина одной плиты 480 мм соответствует масштабу 1:5 по отношению к типовому размеру фундаментной плиты по серии 1.122-5. Пять таких плит, уложенные друг за другом, моделируют фрагмент ленточного фундамента длиной 12 м, края которого имеют ломаное очертание опорной плиты. Схемы моделей фундаментных плит приведены на рис. 1.

Экспериментальные исследования по изучению работы ленточных фундаментов с ломаным очертанием опорной плиты проводились в лаборатории оснований и фундаментов кафедры «САПР ОСФ» ЮРГТУ (НПИ) на испытательной машине МФ-1 конструкции Ю.Н. Мурзенко, которая является центральным звеном автоматизированной системы научных исследований (АСНИ) оснований и фундаментов на моделях [1].

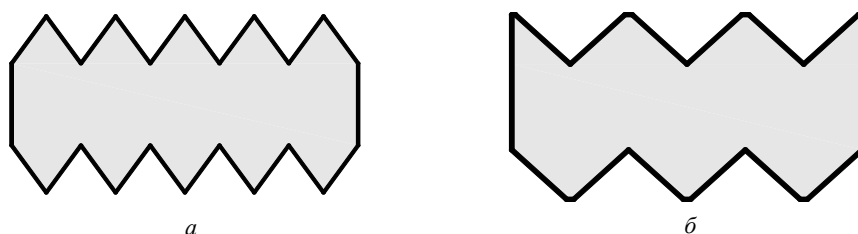


Рис. 1. Модели ленточного фундамента с ломаным очертанием опорной плиты: *a* — модель с внутренним углом 60° ; *b* — модель с внутренним углом 90°

В первой серии опытов исследовалась несущая способность основания при ломаном очертании с внутренним углом вырезов 60° . Во второй серии экспериментов исследовалась несущая способность основания при ломаном очертании с внутренним углом вырезов 90° . Габаритные размеры новой модели были равны габаритным размерам прежней. Площадь всей модели осталась неизменной — $0,492 \text{ м}^2$. В каждой серии опытов проводилось не менее трех экспериментов для обеспечения повторности измерений. Все полученные данные обобщены и сведены в таблицу.

№ оп.	Внутр. угол $\alpha, ^\circ$	Значение осадки, мм, при следующих значениях нагрузки, кН					$P_{пр}, \text{кН}$	$S_{пр}, \text{мм}$	$\sigma_{пр}, \text{кПа}$	Примеч.
		100	200	300	400	500				
1.1	60	1,79	3,10	4,18	—	—	381,3	4,98	775	Ост-лен
1.2	60	2,10	3,53	4,70	6,07	7,99	541,2	9,10	1100	
1.3	60	2,35	4,21	5,82	7,31	9,11	534,0	9,62	1085	
1.4	60	1,47	3,03	4,32	5,6	6,92	558,4	8,41	1135	
2.1	90	2,05	4,02	5,85	7,69	9,68	510	9,96	1037	
2.2	90	2,93	5,37	7,72	—	—	384	7,6	780	Ост-лен
2.3	90	2,69	5,29	7,64	—	—	387	7,64	787	Ост-лен
2.4	90	2,56	4,82	6,72	8,73	—	471	9,98	957	

По результатам экспериментальных исследований большую несущую способность основания показала модель с внутренним углом 60° . В процентном соотношении преимущество в несущей способности составляет в 12,5 %. Сравнивая графики зависимости осадки модели от нагрузки, приведенные на рис. 2 и 3, заметим, что при одинаковых нагрузках осадка модели с внутренним углом 60° меньше осадки модели с внутренним углом 90° .

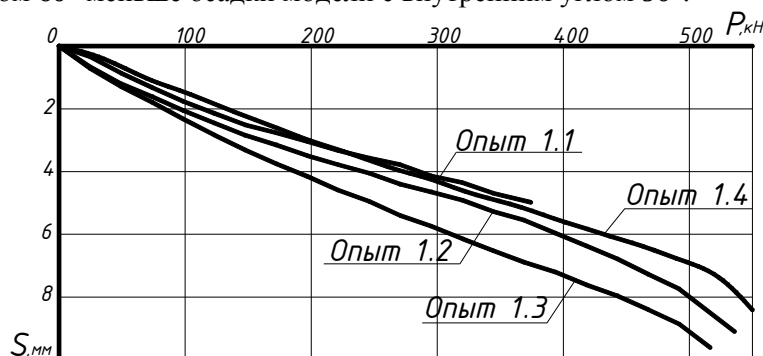
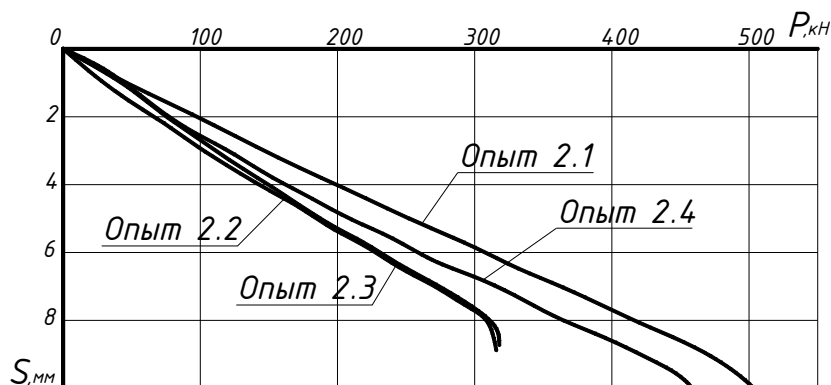


Рис. 2. Графики зависимости осадки от нагрузки модели с углом 60°

Рис. 3. Графики зависимости осадки от нагрузки модели с углом 90°

При проведении экспериментов на моделях было замечено, что выпор грунта, произошедший в трех опытах с моделью с внутренним углом 60° значительно больше, чем в двух опытах на моделях с внутренним углом 90° . Данный факт говорит о том, что при нагружении модели с внутренним углом 60° (при одинаковой ширине обеих моделей) в работу вовлекается больший объем грунта, чем объясняется и большая несущая способность модели [2].

Проведенные эксперименты показали работоспособность модели ленточного фундамента с ломаным очертанием опорной плиты, и данная конструкция фундамента была защищена патентом на полезную модель № 32139 [3]. Конструкция фундамента приведена на рис. 4.

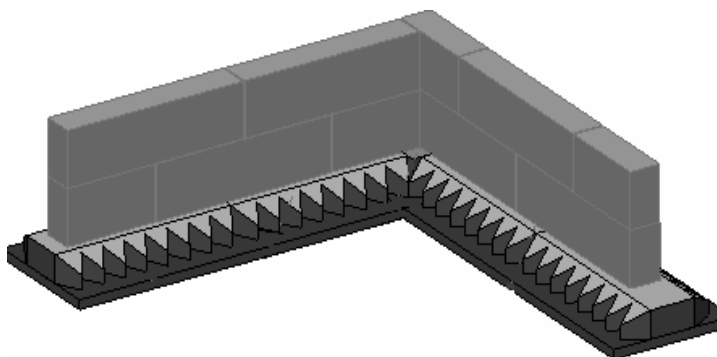


Рис. 4. Полезная модель ленточного фундамента №32139

Расчеты данной конструкции фундаментов производились на вычислительном комплексе Structure CAD (SCAD), который является универсальной расчетной системой конечноэлементного анализа конструкций.

Расчетный анализ любой конструкции начинается с попытки установить, что именно в рассматриваемом случае является существенным, а чем можно пренебречь. Особенно серьезным вопросом является разбиение системы на конечные элементы, то есть на стандартные части, из которых должна состоять система. Чрезмерно мелкое дробление приводит к увеличению времени расчета и связано с запросом на использование больших ресурсов памяти

компьютера для хранения и обработки данных. Могут при этом проявляться и эффекты неустойчивости самого процесса расчета. Слишком грубое дробление может привести к потере точности результатов.

Общих рекомендаций по выбору оптимального уровня дробления системы на конечные элементы не существует. Имеющиеся «Оценки сходимости» имеют асимптотический характер и часто являются слишком абстрактными для конструктивного использования в конкретном случае расчета.

Автором проведено исследование и вариантное проектирование опорной плиты ленточного фундамента с ломаным очертанием. Первоначально был выполнен расчет плиты как оболочки на упругом основании с сеткой триангуляции 100×100 и 50×50 мм, как показано на рис. 5 и 6.

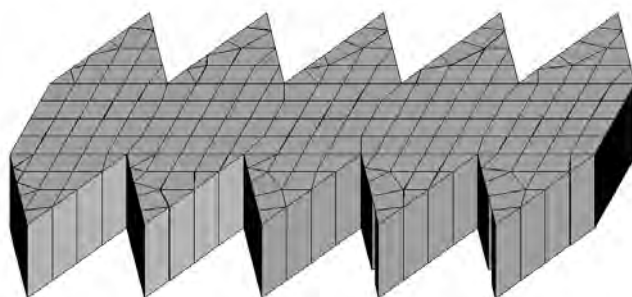


Рис. 5. Плита с сеткой триангуляции 100×100

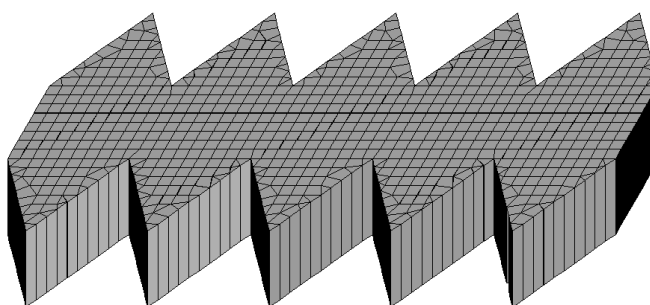


Рис. 6. Плита с сеткой триангуляции 50×50

В следующем расчете сетка триангуляции выполнялась 25×25 и 10×10 мм. По результатам всех расчетов строились изолинии расчетного анализа, с их помощью оценивалась общая картина напряженно-деформированного состояния.

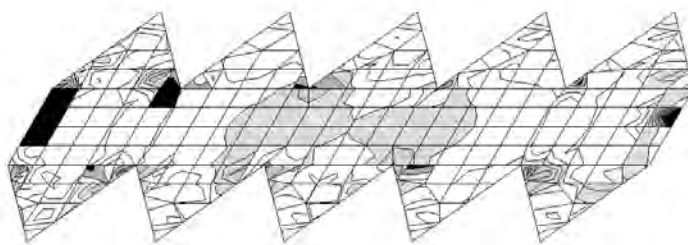


Рис. 7. Изополе изгибающего момента для расчетной схемы с сеткой конечных элементов 100×100

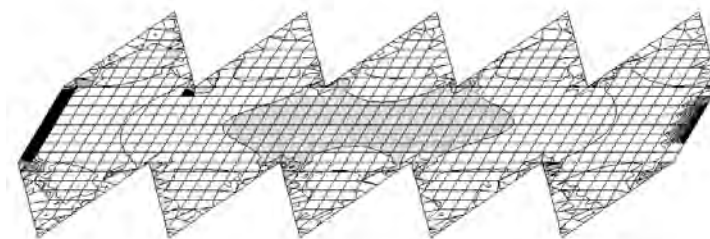


Рис. 8. Изополе изгибающего момента для расчетной схемы с сеткой конечных элементов 50×50

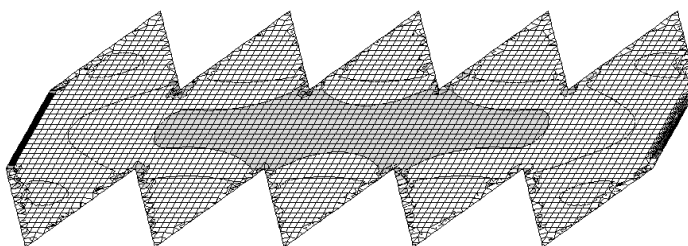


Рис. 9. Изополе изгибающего момента для расчетной схемы с сеткой конечных элементов 25×25

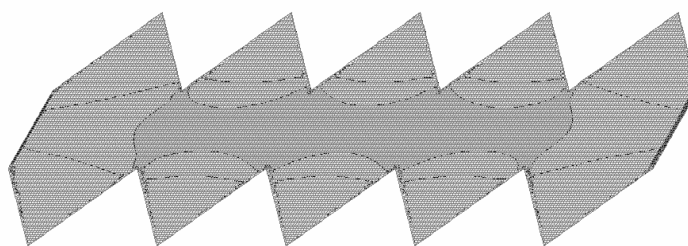


Рис. 10. Изополе изгибающего момента для расчетной схемы с сеткой конечных элементов 10×10

Как показали результаты исследования, уменьшение размера конечного элемента приводит к увеличению точности результатов расчета. Исследовались изменение прогибов, моментов, поперечных сил по всему полю пластины. Значения изгибающих моментов по оси y в зависимости от густоты выбранной сетки конечных элементов изменялись от 0,99 (сетка 10×10) до 1,46 $\text{кН} \cdot \text{м/м}$ (сетка 100×100). Значения изгибающих моментов по оси x в зависимости от густоты выбранной сетки конечных элементов изменялись от 6,12 (сетка 10×10) до 4,12 $\text{кН} \cdot \text{м/м}$ (сетка 100×100). Значения поперечной силы Q_x находились в пределах от 0,07 до 0,27 кН/м , Q_y — от $-37,73$ до $-7,49$ кН/м .

При проведении численных экспериментов с увеличением количества конечных элементов значения полученных моментов приближаются к значениям, полученным экспериментальным образом. Однако с увеличением числа элементов не только повышается точность результатов, но и увеличивается время, затраченное на выполнение расчета ЭВМ. При размерах конечного

элемента 100×100 мм (360 элементов), затраченное время расчета 0,05 мин, при размерах 50×50 мм (1104 элемента) — 0,08 мин, при размерах элемента 25×25 мм (3708 элементов) — 0,27 мин, при размерах 10×10 мм (21198 элементов) — 2,68 мин. Кроме того, увеличивается вероятность ошибки как программного комплекса, так и проводящего расчет инженера, поскольку увеличение количества элементов требует повышения концентрации внимания и сосредоточенности.

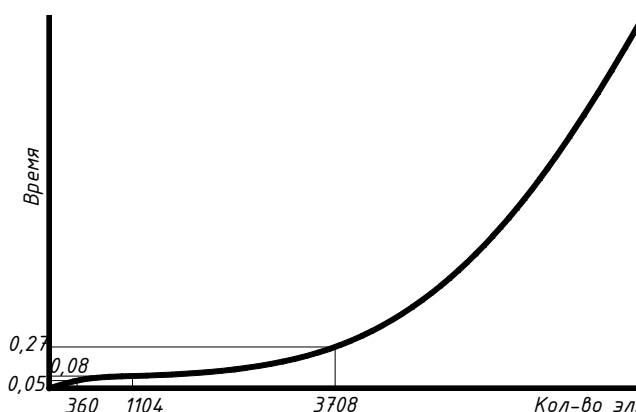


Рис. 11. График зависимости времени расчета от количества элементов

Однако если проанализировать полученные данные с другой точки зрения — определить количество затраченного времени на расчет каждого элемента, то мы получаем следующие цифры:

элемент размером, мм	время, мин
100×100	$1,4 \cdot 10^{-4}$;
50×50	$0,724 \cdot 10^{-4}$;
25×25	$0,728 \cdot 10^{-4}$;
10×10	$1,26 \cdot 10^{-4}$.

Из приведенных выше данных очевидно, что при увеличении количества элементов время, затраченное на расчет каждого элемента, уменьшается, а после некоторого числа начинает увеличиваться.

Также в расчетах было рассмотрено изменение величины изгибающего момента M_y от количества элементов. Для элемента плиты, расположенного в одном и том же месте, определялись значения изгибающего момента. По результатам исследования построен график зависимости величины изгибающего момента M_y от размера элемента (рис. 12). Из графика видно, что при размерах элементов от 10×10 до 50×50 мм значения изгибающего момента колеблются в пределах 15 %, а при размерах элемента 100×100 значение момента значительно возрастает.

Более подробно влияние количества элементов на результаты расчета было исследовано в работах С.И. Евтушенко и О.И. Маснюка [4], и был сделан вывод, что осадка фундамента не зависит от сложности расчетной схемы, т.е. не зависит от того, на сколько слоев была разбита фундаментная плита и с каким шагом выполнены сетки элементов; параметры, определяемые в элементах около граничных условий, мало зависят от сложности расчетной схе-

мы. Однако внутренние напряжения элементов фундаментной плиты существенно зависят от характера разбиения ее расчетной схемы.

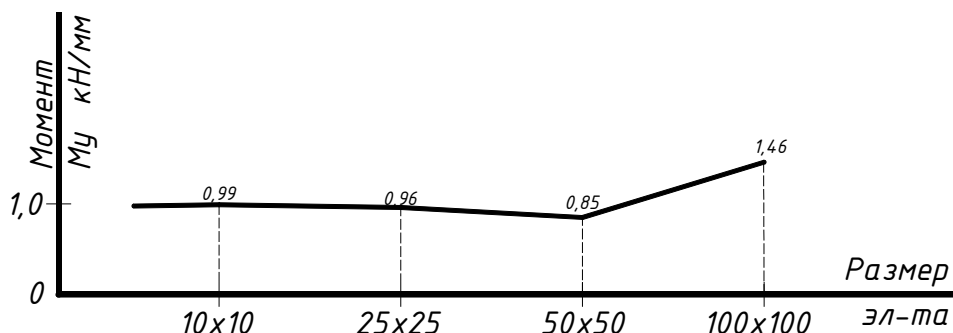


Рис. 12. График изменения изгибающего момента от размера элемента

Выводы. Оптимальной разбивкой фундаментной плиты с ломаным очертанием краевой зоны на конечные элементы является разбивка с размерами элемента 25×25 мм. Триангуляция плиты на более мелкие элементы не дает существенных отличий в результатах расчета, но повышает трудоемкость процесса расчета и время расчета, а триангуляция на крупные элементы приводит к получению неточных результатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Евтушенко С.И., Крахмальный Т.А. Модель ленточного фундамента с ломаным очертанием опорной плиты // Актуальные проблемы строительства: материалы 53-й науч.-техн. конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, аспирантов и студентов ЮРГТУ (НПИ), г. Новочеркасск, апр. 2004 г. Новочеркасск : ЮРГТУ, 2004. С. 57—59.
2. Евтушенко С.И., Крахмальный Т.А., Галашев Ю.В. Экспериментальные исследования ленточного фундамента с ломаным очертанием опорной плиты // Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф., Волгоград (12—14 мая 2005). Ч. III. 2005. С. 57—61.
3. Пат. 32139 Российская Федерация U1 32139 RU 7 E 02 D 27/01. Ленточный фундамент/ Мурзенко Ю.Н., Евтушенко С.И., Скибин Г.М., Анищенко Е.Ю., Архипов Д.Н. ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт). №2003108928/20 заявл. 23.04.2003; опубл. 10.09.2003. Бюл. № 25.
4. Маснюк О.И. Влияние сложности расчетной схемы на результаты расчета в программном комплексе SCAD // Строительство-2006 : материалы Междунар. конф. Ростов н/Д : Рост. гос. строит. ун-т, 2006. С. 171.

© Крахмальный Т.А., Евтушенко С.И.,
Синяков В.Н., Шубин М.А., 2008

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

УДК 699.841(05)

А.В. Масляев

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ С РАЗЛИЧНОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ

Нормативный документ СНИП II-7-81* предусматривает при землетрясении образование в зданиях и сооружениях повреждений до 3-й степени по шкале MSK-64. При этом существует большой перечень зданий и сооружений, степень повреждения которых при землетрясении должна быть значительно меньше. Для получения зданиями и сооружениями меньшей степени повреждения предложено в расчетах использовать усредненные значения коэффициента K .

К л ю ч е в ы е с л о в а: повреждения зданий при землетрясении; сейсмостойкость зданий и сооружений; строительство в сейсмических районах.

Normative document СНИП II-7-81* provides forming damages in buildings and constructions while earthquake up to the 3rd degree by the scale MSK-64. Thus there is a big list of buildings and constructions, when their damage degree while earthquake must be substantially less. For receiving less damage degree by buildings and constructions while earthquake it is suggested to use in the calculations the averaged value of coefficient K .

К e y w o r d s: building damage at earthquake; seismic stability of buildings and constructions; construction in seismic regions.

Как известно, сейсмостойкость зданий и сооружений должна решаться на трех основных стадиях проектирования: 1) определение основных характеристик ожидаемого сейсмического воздействия при землетрясении (амплитудный уровень, доминантная частота, длительность); 2) подбор по количественным параметрам этих характеристик оптимальных объемно-планировочных (с учетом направления воздействия) и конструктивных решений зданий и сооружений; 3) выполнение расчета конструкций зданий и сооружений. Как видим, запроектировать сейсмостойкое здание — это очень сложная инженерная задача, которую может решить только группа специалистов, состоящая из инженеров-сейсмологов, архитекторов и конструкторов-расчетчиков. Особая роль в этой работе принадлежит инженерам-сейсмологам. От того насколько правильно будут определены характеристики ожидаемого сейсмического воздействия при землетрясении на конкретной местности, зависит и качество решения двух остальных стадий проектирования.

На сегодняшний день инженеры-сейсмологи в большей части сейсмоопасных регионов России поставлены в очень трудные условия работы. Дело в том, что для объективной оценки основных характеристик сейсмического воздействия необходимо располагать данными записей колебаний грунтов при сильных землетрясениях, которых во многих регионах из-за отсутствия сейсмоприборов просто нет. Поэтому сейсмологи в своих расчетах вынуждены использовать записи колебаний грунтов при землетрясениях на территориях США, Японии и других стран, что изначально влечет за собой ошибки, так как типы землетрясений и грунтовые условия на территории нашей страны совершенно другие. Более того, из-за больших размеров территории нашей страны (в отличие от территории Японии) тип деформаций при землетрясениях, например, на Дальнем Востоке, Северном Кавказе, на территории

Волгоградской области, совершенно различный. Поэтому и характеристики сейсмических воздействий здесь будут другие.

Администрации многих сейсмоопасных регионов нашей страны почему-то не понимают, что организация сейсмологической службы на их территориях входит в их прямые обязанности, так как это предопределяет грамотное решение вопросов сейсмозащиты населения в зданиях при землетрясении. Например, в США, Японии в стратегическом плане ставится задача по улучшению сейсмологического мониторинга с целью более глубокого изучения процессов, происходящих в очаговой зоне землетрясений, для повышения точности прогноза ожидаемых землетрясений и надежности определения расчетных сейсмических воздействий на здания и сооружения. К тому же, как отмечается в [1, 2], в XX веке и особенно в начале XXI века повысилась общая сейсмическая активность на Земле. Стало происходить больше сильных землетрясений, которые, как правило, проявляются в виде повторных сильных подземных толчков в течение многих десятков дней, в результате чего разрушаются здания и сооружения и гибнут многие десятки тысяч людей. Поэтому адекватной реакцией специалистов в XXI веке должен быть пересмотр основных концепций сейсмостойкого строительства в сторону усиления их прочностных характеристик.

Однако даже на фоне недостатка записей колебаний грунтов при сильных землетрясениях во многих регионах России (из-за недостатка сеймостанций) в проекте редакции нового нормативного документа [3] сохраняется общая тенденция по уменьшению расчетной сейсмической нагрузки на здания и сооружения, что автоматически снижает их прочностные характеристики. Например, многие здания и сооружения, рассчитанные с учетом коэффициента динамичности $\beta = 3,0$, были разрушены при спитакском 1988 г. землетрясении, на территории Корякского автономного округа в 2006 г., в г. Невельске (Сахалин, 2007 г.), однако в выше указанном проекте новых норм проектирования [3] максимальное значение коэффициента предлагается принять $\beta = 2,5$. Правда, значение коэффициента K , учитывающего образование в конструкциях зданий и сооружений допускаемых повреждений при расчетной интенсивности землетрясения, в проекте документа предлагается увеличить примерно на 0,1. Как говорилось в [4], использование такого заниженного значения коэффициента K в нормативной расчетной формуле по определению сейсмической нагрузки на здания и сооружения приводит к образованию в их конструкциях при землетрясении предельной допустимой степени повреждения ($d \leq 3,0$), которая может быть причиной гибели людей при втором сильном подземном толчке.

Действительно, мы не можем требовать, чтобы сооружения полностью сохранялись без повреждений после прошедших землетрясений. Ведь землетрясения относятся к природным явлениям относительно редким, поэтому требование полной сохранности сооружений было бы экономически неоправданным. В них могут появиться трещины и повреждения, требующие ремонта. Но самое главное, чтобы величина этих трещин и повреждений, как это отмечено в [4], для зданий и сооружений с повышенной ответственностью не должна превышать 2-й степени по шкале MSK-64, чтобы не привести к обрушению зданий и сооружений при вероятном повторном сильном подземном толчке через время, когда люди еще не успеют выйти на открытое

безопасное пространство после воздействия первого толчка. Однако, согласно нормативному документу [6], в расчетах зданий и сооружений с различной ответственностью при соответствующей интенсивности землетрясения используется практически одно и то же значение коэффициента K (с небольшими изменениями в зависимости только от их конструктивного решения). В этих расчетах отсутствует главная инженерная установка на то, чтобы здания и сооружения с большей ответственностью получали бы при расчетной силе землетрясения повреждения меньшей степени. При этом ссылка только на расчет зданий и сооружений с повышенной ответственностью с учетом районной сейсмичности по карте «В», значение которой на один балл больше районной сейсмичности по карте «А», что используется для расчета зданий и сооружений массового строительства, не совсем убедительна, так как для примерно 28 % сейсмоопасных населенных пунктов России эти значения равны между собой. Еще в начале 60-х годов XX века авторы работы И.И. Гольденблат и Н.А. Николаенко отмечали [5]: «Величины остаточных деформаций сооружений следует назначать, исходя из эксплуатационных требований, предъявляемых к сооружению, и из возможности его дальнейшего восстановления».

Однако, учитывая сложность динамического расчета зданий и сооружений за пределами упругости с одной стороны, и, самое главное, отсутствие достоверной сейсмологической информации в регионах, с другой стороны, более правильно с инженерной точки зрения в расчетах большей части зданий и сооружений использовать такие усредненные значения коэффициента K , которые при сейсмических воздействиях обеспечат образование в их конструкциях необходимой (меньшей) степени повреждения, что будет гарантировать большую защиту людей при землетрясении. Для определения усредненных значений коэффициента K воспользуемся данными ряда нормативных документов. В первом нормативном документе СН 8-57 значение коэффициента K было в неявном виде заложено в показателе коэффициента сейсмичности K_c , который имел значения для 7 баллов 0,025, для 8 баллов — 0,05, для 9 баллов — 0,1. В ныне действующем нормативном документе [6] показатель сейсмичности (A) характеризуется амплитудным уровнем ускорения движения грунта, равным соответственно для 7 баллов — 0,1, для 8 баллов — 0,2, для 9 баллов — 0,4. Если произвести деление показателей коэффициентов сейсмичности K_c первого нормативного документа СН 8-57 на соответствующие значения коэффициента A нормативного документа [6], то получим цифру 0,25 ($0,025:0,1 = 0,25$), которую заложили авторы первого документа в значение коэффициента сейсмичности K_c , чтобы конструкции зданий при землетрясении получили повреждения не более 3-й степени. В нормативном документе [6] коэффициент K , например для зданий из крупных панелей, равен 0,22. Анализ последствий таких сильных землетрясений, как спитакское 1988 г., на территориях Корякского автономного округа в 2006 г., г. Невельска (Сахалин, 2007 г.), показывает, что от воздействия основного (расчетного) подземного толчка основная часть зданий из индустриальных железобетонных конструкций получила степень повреждения не более 3-й степени, т.е. не разрушилась. Это говорит только о том, что авторы первого нормативного документа правильно определили значение коэффициента K , который допускает при землетрясении образование в конструкциях железобетонных конструкций повреждений не более 3-й степени.

бетонных зданий повреждений не более 3-й степени. По классификации повреждений зданий и сооружений нормативной сейсмической шкалой MSK-64 3-я степень является предельно допустимой, так как при 4-й степени происходят уже обрушения отдельных их конструкций. Поэтому областью нашего анализа является определение конкретных усредненных значений коэффициента K , каждое из которых при землетрясении вызывало бы в конструкциях железобетонных зданий (у зданий из мелкоразмерных изделий и стальных конструкций имеются свои зависимости) строго определенную (заданную) степень повреждения (от нулевой до 3). Согласно табл. 3* нормативного документа [6] при значении $K = 1,0$ конструкции зданий и сооружений при землетрясении не получают повреждения. Для определения других значений коэффициента K , которые будут предопределять при землетрясении 1-ю и 2-ю степень повреждения зданий и сооружений, используем линейную зависимость в нормативном документе [6], по которой назначается коэффициент A (сейсмичность) при различной интенсивности землетрясения. Эта зависимость отображена на графике (рис. 1), на котором показано какое значение K при землетрясении будет вызывать в зданиях и сооружениях соответствующую степень повреждения. Так, при использовании в расчетной нормативной формуле значения коэффициента $K = 0,75$ здания и сооружения при расчетной интенсивности землетрясения получают 1-ю степень повреждения (до 0,1 мм), при использовании $K = 0,5$ — 2-ю степень (до 0,3 мм), при использовании $K = 0,25$ — 3-ю степень (сквозные трещины, шириной до 3,0 мм).

Статистика сильных землетрясений за последние десятилетия свидетельствует, что сейсмологический режим на Земном шаре усиливается. Одним из последних примеров сейсмической активизации может служить сильнейшее землетрясение в мае 2008 г. на территории Китая, которое проявилось в виде огромного количества повторных сильных толчков, в результате чего на соответствующей местности не сохранились здания и сооружения и погибли десятки тысяч людей. Поэтому адекватной реакцией людей на усиление сейсмической активности на Земном шаре должно стать и некоторое повышение требований к прочностным характеристикам сейсмостойких зданий и сооружений. Предлагаемые в статье усредненные значения коэффициента K для расчетов зданий и сооружений с различной ответственностью повысят степень сейсмозащиты людей при сильных землетрясениях.

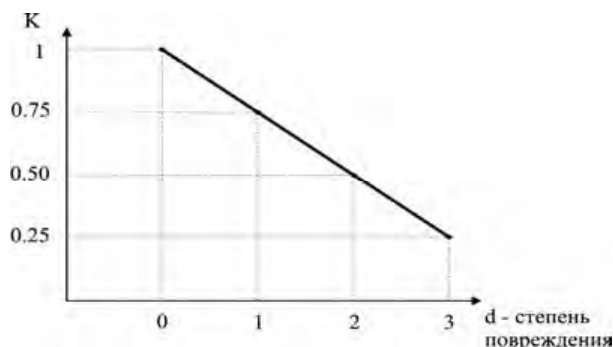


Рис. 1. Зависимость степени повреждения конструкций ж/бетонных зданий при землетрясении от значения коэффициента K

Выводы. 1. Из-за недостаточной сейсмологической информации в регионах и сложности динамического расчета зданий и сооружений за пределами упругости для обеспечения более надежной защиты жизни людей при землетрясении рекомендуется в расчетах конструкций зданий использовать следующие усредненные значения коэффициента K : 1) для зданий и сооружений массового строительства $K = 0,25$; 2) для зданий и сооружений повышенной ответственности $K = 0,5$; 3) для зданий и сооружений с особой ответственностью $K = 0,75$.

2. Главам администраций сейсмоопасных регионов для целей достаточной сейсмозащиты населения в зданиях и сооружениях при землетрясении необходимо организовать сейсмологическую службу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Назаров, Ю.П., Айзенберг Я.М. Исследования ЦНИИСК по сейсмостойкости сооружений. Теория, эксперимент, практика / Ю.П. Назаров, Я.М. Айзенберг // Сейсмостойкое стр-во. Безопасность сооружений. 2006. № 5. С. 61—62.
2. Габричидзе, Г.К. Сейсмостойкое строительство на рубеже XXI века, уроки XX века, что дальше ? // Сейсмостойкое стр-во. Безопасность сооружений. 2007. № 4. С. 19—21.
3. Строительство в сейсмических районах : проект : вторая редакция. М. : ЦНИИСК им. Кучеренко, 2007.
4. Масляев, А.В. Сейсмостойкость зданий с учетом повторных сильных толчков при землетрясении // Жилищное стр-во. 2007. № 10. С. 20—21.
5. Гольденблат, И.И., Николаенко Н.А. Расчет конструкций на действие сейсмических и импульсивных сил // ЦНИИСК Академии стр-ва и архитектуры СССР. М. : Госстройиздат, 1961. 320 с.
6. СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах / Госстрой России. М. : Госстрой России, 2001.

© Масляев А.В., 2008

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

УДК 624.078.43

В.М. Вдовин, М.В. Арискин

НАПРЯЖЕНО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТА С ВКЛЕЕННЫМИ СТАЛЬНЫМИ ШАЙБАМИ

Приведены результаты теоретических расчетов на основе МКЭ по исследованию напряженно-деформированного состояния деревянного элемента с клееными стальными шайбами. Даны рекомендации по учету опасных видов напряжений для определения предельных нагрузок на соединение.

К л ю ч е в ы е с л о в а: клеиметаллические соединения; деревянные конструкции, расчет; шайба стальная.

Results of theoretical calculations on the basis of a method of final elements on research of the strained-deformed condition of a wooden element with the pasted steel washers are resulted. Also the analysis and recommendations under the account of dangerous kinds of pressure for definition of maximum loads on connection is given.

K e y w o r d s: glue-metal connections; wooden structures, analysis; steel washer.

Рассматривается клеиметаллическое соединение, в котором каждый присоединяемый элемент снабжается клееными с двух противоположных сторон стальными круглыми шайбами, через центровое отверстие которых вставляется соединительный болт. Усилие на элемент от центрального болта передается на клеенную шайбу. Шайба, клеенная в соответствующее гнездо деревянного элемента, в виду плотности контакта с последним, передает контактные усилия не только по всему периметру кольца шайбы, но и по ее площади. Характер действия этих контактных усилий неизвестен, он составляет предмет исследования.

В [1] дается общее описание такого соединения и приводятся результаты экспериментальных исследований, которые подтверждают значительное увеличение несущей способности соединения благодаря монолитно клеенной шайбе. Настоящая работа является развитием [2, 3], где делается попытка обосновать положительный эффект от клеенной шайбы путем теоретического исследования действительного напряженно-деформированного состояния соединяемого элемента и на основании этого дать рекомендации по повышению предельной нагрузки на соединение.

В общем случае в соединении могут быть либо один такой элемент (при соединении его с помощью стальных накладок), либо несколько, когда в узел сходятся два, три или более элементов, снабженных клееными шайбами. Как показали экспериментальные исследования, работа соединений с передачей усилий от центрального болта через стальные пластины и работа посредством смежных с двух сторон деревянных элементов с клееными шайбами практически не отличаются между собой. Поэтому в дальнейших исследованиях ограничимся исследованием напряженно-деформированного состояния одного деревянного элемента с клееными в него с двух противоположных сторон стальными шайбами.

Шайба клеена не на всю толщину деревянного элемента, а только на его часть. Это накладывает дополнительные ограничения и условия на все виды

напряжений, учитывающие локальный характер их действия не только по длине и ширине, но и по толщине деревянного элемента. Поэтому для выявления напряженно-деформированного состояния необходимо решать пространственную задачу, в которой интерес представляют характер распределения напряжений в трех измерениях.

В общем случае расчетная схема исследуемого образца соединения на клеенных шайбах, принятая для дальнейших исследований, показана на рис. 1, *а*.

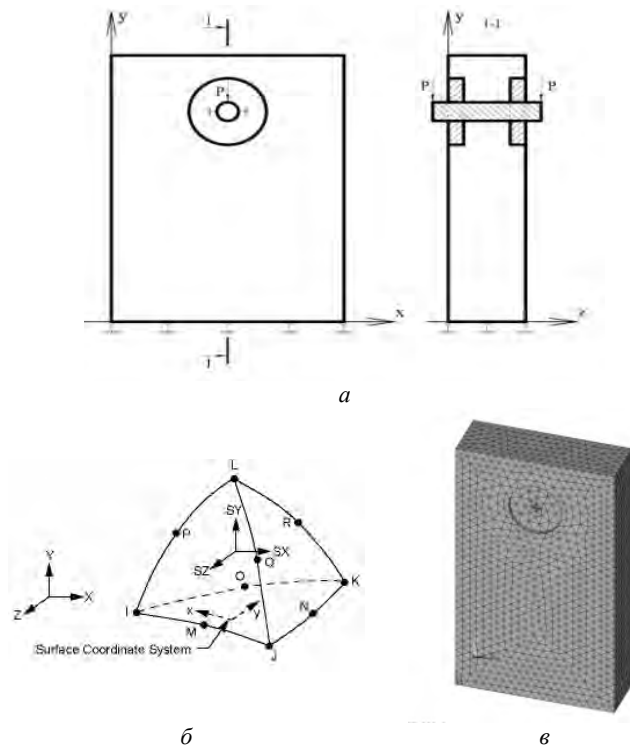


Рис. 1. Исходные данные: *а* — расчетная схема; *б* — конечный элемент Solid 92; *в* — деревянная часть образца, разбитая на конечные элементы

Образец стянут центровым болтом, через который усилие передается на стальную шайбу, а с шайбы — на деревянный элемент. При этом шайба монолитно вклеена в деревянный элемент, поэтому до определенного момента нагружение образца шайбы работает совместно с древесиной, воспринимая как сжимающие, так и растягивающие напряжения по всей площади элемента, включая контур шайбы. Это одна постановка задачи.

При определенном уровне нагружения (близком к предельной величине) растянутые связи между шайбой и древесиной теряют прочность (шайба получает сдвиг) и совместность работы шайбы с древесиной обеспечивается только сжимающими контактными напряжениями. Это другая постановка задачи. Принципиальное отличие в результатах решения этих двух задач показано ниже.

Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния соединения по расчетной схеме (рис. 1) проводились методом конечных элементов (МКЭ). Расчеты выполнены в программном комплексе *ANSYS 11.0 sp1*. Комплекс обладает многими возможностями [4, 5, 6] конечно-элементного

анализа: от простого линейного статического до сложного нелинейного. Процедура расчета включает в себя построение модели, разбивку модели на сетку конечных элементов, приложение нагрузок, включая граничные условия, получение и анализ результатов решения.

При построении модели учитывались тип конечных элементов, их контакт, задание свойств материала и геометрия модели. Библиотека конечных элементов программы ANSYS содержит огромное количество типов конечных элементов, каждый из которых определяет применимость его к той или иной области расчетов. Для моделирования металлической шайбы и деревянного элемента был использован конечный элемент Solid92 (рис. 1, б) который наиболее подходит для решения задачи по своей морфологии.

Свойства материалов учитывались путем введения тензора упругого изотропного материала для стальной шайбы, состоящего из двух независимых величин модуля упругости E и коэффициента Пуассона, μ тензора упругого ортотропного материала для деревянного элемента, состоящего из трех модулей юнга E_x, E_y, E_z и трех коэффициентов Пуассона $\mu_{xy}, \mu_{yz}, \mu_{xz}$, и трех модулей сдвига G_{xy}, G_{yz} и G_{xz} . Другие необходимые коэффициенты и величины определялись автоматически, исходя из известных зависимостей теории упругости.

Основной целью на этапе разработки геометрической модели явилось создание адекватной конечно элементной модели, состоящей из узлов и элементов. Разбивка на конечные элементы образца осуществлялась в два этапа. На первом этапе на конечные элементы разбивались металлические части образца с присвоением им соответствующих свойств (рис. 1, в), на втором этапе — разбивка деревянной части образца и присвоение ей соответствующих свойств.

Приложение нагрузок производилось согласно расчетной схеме (рис. 1, а), причем внешняя сила прикладывалась с двух сторон непосредственно на болт.

Взаимодействие металла с древесиной моделировалось специальными конечными элементами, которые позволяли учесть взаимодействие двух материалов только на сжимающие усилия по линии их взаимного контакта (серии «С»), а также как абсолютно монолитного тела (серия «J»).

С целью получения более широкого спектра картины напряженно-деформируемого состояния образца теоретические расчеты произведены для различных случаев при изменении таких параметров, как толщина шайбы t , диаметр шайбы $D_{ш}$, геометрические размеры образца, варьируемые параметры которых приведены в таблице.

Основные характеристики образцов

Маркировка образцов	$D_{ш}$	t	a	b	c
1. ВШ-60-8-J	60	8	500	300	100
2. ВШ-60-6-C	60	6	500	300	100
3. ВШ-60-8-C	60	8	500	300	100
4. ВШ-60-10-C	60	10	500	300	100
5. ВШ-80-8-C	80	8	500	300	100
6. ВШ-100-8-C	100	8	500	300	100
7. ВШ-60-8-C-2	60	8	200	150	50
8. ВШ-60-8-C-3	60	8	300	200	50

Расчеты производились при действии на образец силы равной $P = 5$ т (49500 Н). Для материалов металла и древесины приняты механические ха-

рактеристики, рекомендуемые строительными нормами на проектирование и исследованиями Е.К. Ашкенази [7]: металла — $E_x = 21 \cdot 10^{10}$ Па, $\mu = 0,3$; древесины — $E_x = 1,6 \cdot 10^{10}$ Па, $\mu_{yx} = 0,5$; $E_y = 10 \cdot 10^9$ Па, $\mu_{zy} = 0,2$; $E_z = 5 \cdot 10^8$ Па, $\mu_{zx} = 0,02$; $G_{xy} = 1180$ МПа; $G_{yz} = 690$ МПа; $G_{xz} = 670$ МПа [7].

Результаты теоретических расчетов по программе приведены ниже в виде графиков. Графики построены по наиболее характерным линиям образца, где напряжения представляют наибольший интерес (рис. 2). Учитывая большое количество полученных графиков, исходя из многообразия закладываемых в программу вариантов (по видам напряжений — шесть компонентов, по рассматриваемым линиям — 10 линий, по параметрам образцов — 30 вариантов), в данной статье не представляется возможным привести их все, поэтому ниже приводятся графики, которые, по мнению авторов, представляют наибольший интерес для общей оценки работы соединения на вклеенных шайбах.

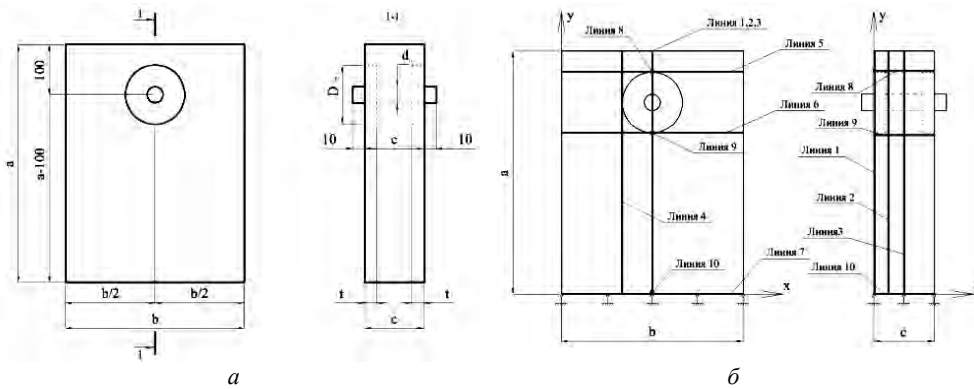


Рис. 2. Параметры образцов просчитанных МКЭ: *a* — геометрические характеристики; *б* — характерные линии напряжений

Для выяснения адекватной расчетной модели, в наилучшей степени отвечающей действительной работе образца, исходя из результатов экспериментальных исследований, в начале были проведены расчеты по определению всех компонентов напряжений в образце по линиям 1—10 (рис. 2, б). Для сравнения, как отмечено выше, принимались две модели: монолитная работа образца (серия «J»), и контактная, с работой только по сжатой кромке (серия «C»). На рис. 3 приведена общая картина напряженно-деформированного состояния образца на основе расчетов по сериям «J» и «C».



Рис. 3. Изополя напряжения образца σ_y (напряжения смятия): *a* — серия «C»; *б* — серия «J»

Замечено, что по многим линиям (рис. 2, б) напряжения σ_x , σ_y , σ_z , τ_{xy} , τ_{xz} , τ_{yz} , подсчитанные по сериям «С» и «J», сравнительно мало отличаются по своей величине и характеру действия. Исключения составляют напряжения σ_y по линиям 5, 6, 8, 9, где отличие в их максимальных значениях довольно значительное (30...40 %). Учитывая то, что модель, основанная на учете только сжимающих напряжений под шайбой, в наилучшей степени отражает действительную работу, полученную по результатам физического эксперимента путем испытаний соединения, в дальнейшем анализе напряженно-деформированного состояния учитываются только расчеты по серии «С».

Наибольший интерес при анализе напряженного состояния элемента с вклеенной шайбой представляют изменения максимального уровня всех компонент напряжений, который позволил бы выделить решающую роль тех или иных напряжений в достижении предельной нагрузки на образец.

С этой целью построена гистограмма, приведенная на рис. 4, где указан максимальный уровень всех шести компонент напряжений, возникающих в образце. Гистограмма построена на основе анализа эпюр напряжений σ_x , σ_y , σ_z , τ_{xy} , τ_{xz} , τ_{yz} по всем 10 наиболее характерным линиям и выборки их максимальных значений. Гистограмма дана для элементов с разной толщиной шайбы ($t = 6, 8, 10$ мм рис. 4, а) и разного диаметра ($D_{ш} = 60; 80; 100$ мм). Из гистограммы видно, что превалирующими являются напряжения смятия σ_y (они, естественно, наибольшие под шайбой) и по всей вероятности, именно работа древесины на смятие определяет несущую способность элемента. Напряжения скалывания τ_{xy} , τ_{yz} могут также повлиять на предельную работу деревянного элемента, учитывая опасную работу древесины на скалывание. Можно заметить также по рис. 6, а, что с увеличением толщины шайбы все компоненты максимальных напряжений уменьшаются. Это говорит о том, что увеличение толщины шайбы приводит к уменьшению максимальных напряжений, что в свою очередь приводит к увеличению предельной нагрузки на образец. Как показали экспериментальные исследования, увеличение толщины шайбы с 6 до 10 мм, привело к увеличению предельной нагрузки с 75 до 101 кН (на 30 %), что практически точно совпадает с уменьшением на 30 % максимальных значений σ_y (см. рис. 4, а). Аналогичная картина наблюдается и при увеличении диаметра $D_{ш}$ шайбы (рис. 6, б), что также подтверждается экспериментами.

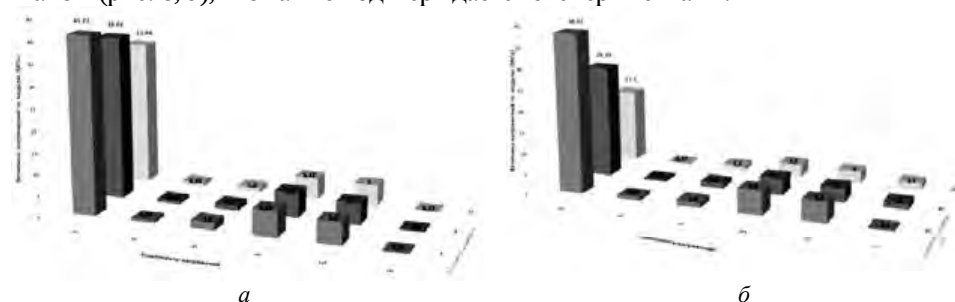


Рис. 4. Гистограмма изменения компонент напряжений: а — в зависимости от толщины шайбы t при $D_{ш}=60$ мм; б — в зависимости от диаметра шайбы $D_{ш}$ при $t = 8$ мм

На рис. 5—7 приведены графики изменения наиболее опасных напряжений σ_y , τ_{xy} для элемента по наиболее напряженным линиям вдоль и поперек образца. Графики даются для разных толщин шайб ($t = 6, 8, 10$ мм).

Не трудно заметить, что все напряжения носят локальный характер с максимальными значениями вблизи передачи усилия с шайбы на элемент. Актив-

ная зона действия нормальных и касательных напряжений составляет $(2,5...3,0)D_{ш}$ — в продольном и $(1...1,5)D_{ш}$ — в поперечном направлении элемента. На последующих участках элемента эпюры напряжений выравниваются, принимая определенные «осевые» значения. Значение длины активной зоны максимального всплеска напряжений σ_y , от которых, как показано выше, зависит величина предельной нагрузки на шайбу, необходимы для того, чтобы установить безопасный шаг расстановки шайб, в многорядных соединениях, когда эпюры локального действия напряжений не накладываются друг на друга. Длина активной зоны действия напряжений σ_y , как видно из рис. 5, практически не зависит от толщины шайбы, хотя максимальные значения σ_y довольно существенно уменьшаются (почти на 30 %) при увеличении толщины шайбы с 6 до 10 мм.

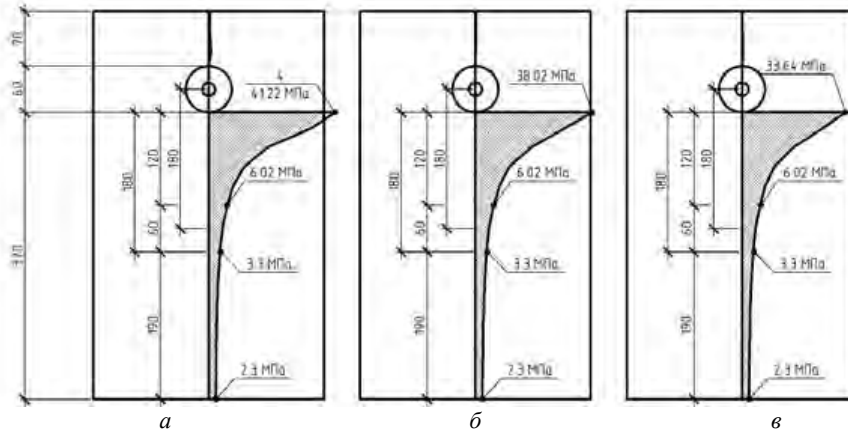


Рис. 5. Изменение напряжений σ_y по линии 1 в зависимости от изменения толщины шайбы при t , мм, равно: а — 6; б — 8; в — 10

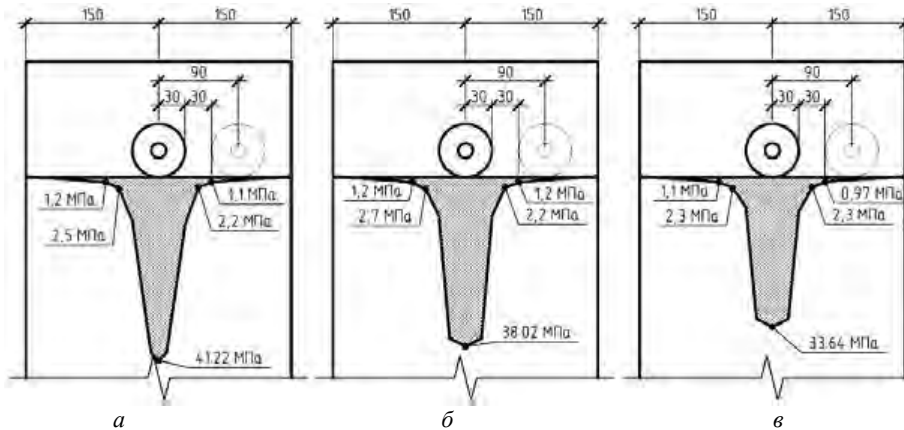


Рис. 6. Изменение напряжений σ_y по линии 6 в зависимости от изменения толщины шайбы при t , мм, равно: а — при 6; б — 8; в — 10

Аналогичные эпюры получены для напряжения σ_y при увеличении диаметра шайбы $D_{ш}$ с 60 до 100 мм. График изменения максимальной величины σ_y при увеличении диаметра $D_{ш}$ приведен на рис. 7. Уменьшение максимальной величины σ_y при увеличении диаметра $D_{ш}$ с 60 до 100 мм, также как и изменение толщины шайбы, приводит к увеличению предельной нагрузки на соединение по зависимости, близкой к линейной, что подтверждают резуль-

таты физических испытаний образцов. Результаты испытаний различных серий образцов с доведением их до разрушения показали практически прямую зависимость величины разрушающей нагрузки от диаметра $D_{ш}$ и величины максимальных напряжений σ_y .

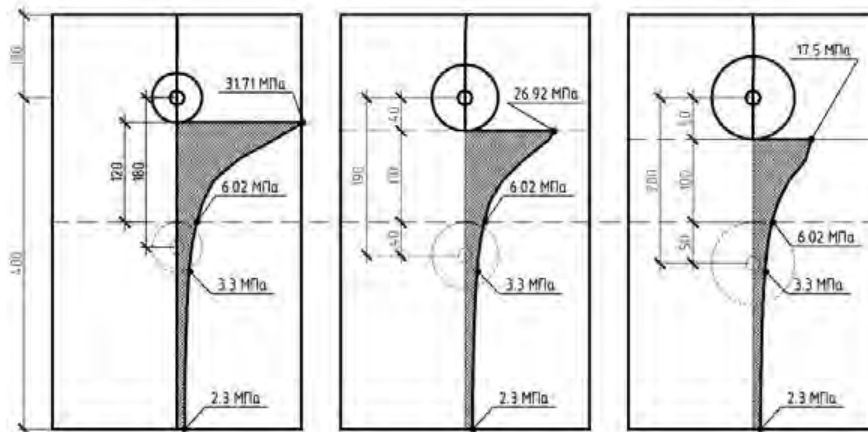


Рис. 7. Изменение напряжений σ_y по линии 1 в зависимости от изменения толщины шайбы при $D_{ш}$, равном: а — 60; б — 60; в — 60

Таким образом, результаты исследования действительного НДС деревянного элемента с вклеенным в него стальными шайбами позволили установить уровень нормальных и касательных напряжений, действующих по всему объему элемента, зависимости этих напряжений от толщины и диаметра шайбы, выявить локальность их действия и определить зону активного действия, а также выяснить, что предельную величину нагрузки соединения в основном определяют напряжения смятия под шайбой. Полученные результаты являются определяющими факторами при оценке работы соединений элементов деревянных конструкций на вклеенных шайбах, знание их позволит сделать научно-обоснованные рекомендации для расчета несущей способности и деформативности нового комбинированного соединения, в котором проявляется совместная работа древесины, полимерного клея и металла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арискин М.В., Вдовин В.М., Кравцов С.Ю. Клееметаллические соединения в несущих деревянных конструкциях // Региональная архитектура и строительство. 2007. № 1(2).
2. Арискин М.В., Вдовин В.М. Оценка несущей способности вклеенной кольцевой шайбы в стыковых соединениях деревянных конструкций // Эффективные строительные конструкции: Теория и практика : сб. ст. V Междунар. науч.-техн. конф. / ПГУАС ; Об-во «Знание»; Приволжский дом знаний. Пенза, 2006. С. 23—28.
3. Арискин М.В., Вдовин В.М. Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния элементов соединений на вклеенных шайбах // То же : сб. ст. IV Междунар. науч.-техн. конф. 2005. С. 152—157.
4. Каплун А.Б. ANSYS в руках инженера : практ. руководство. М. : Едиториал УРСС, 2003.
5. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах. М. : КомпьютерПресс, 2002.
6. Чигарев А.В., Кравчук А.С. ANSYS для инженеров : справ. пособие. М. : Машиностроение-I, 2004.
7. Ашкенази Е.К., Ганов Э.В. Анизотропия Конструкционных материалов : справочник. 2-е изд., перераб. и доп. Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1980.

© Вдовин В.М., Арискин М.В., 2008

Поступила в редакцию в ноябре 2008 г.

УДК 624.04

С.А. Ращепкина, Д.А. Романов

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ДЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Приведены результаты исследования новой конструкции сборной емкости, состоящей из мини-оболочек эллипсоидального сечения, предназначенной для сыпучих материалов. Получены экспериментальные данные о напряженно-деформированном состоянии мини-оболочек при ступенчатом загрузении емкости сыпучим материалом с пригрузом. Описан алгоритм определения НДС и выполнен расчет, который хорошо согласуется с экспериментом.

К л ю ч е в ы е с л о в а: зернохранилища металлические; мини-оболочки, напряженно-деформированное состояние; силосы, расчет.

The research of the new design of an assembled metal tub consisting of mini-cells, and used for loose materials is described in the article. The experimental data about the prestressed-deformation state of mini-cells in the case of gradual loading with loose materials and additional load are got. The algorithm for determination of the prestressed-deformation state is given, and the calculations perfectly concerted with the experiment are made.

К e y w o r d s: assembled metal tub; metal mini-cells; prestressed-deformation state of mini-cells.

В нашей стране рост производства зерна постоянно опережает темпы ввода в строй зернохранилищ. Дефицит зернохранилищ часто ликвидируется устройством напольных складов, которые, как известно, не отвечают требованиям хранения зерна и других зерновых продуктов. В настоящее время проводятся поиски более эффективных технологических решений элеваторов. Решить эту задачу можно, лишь используя новые конструкции хранилищ из облегченных строительных элементов и индустриальные методы изготовления и монтажа. Наиболее полно всем этим требованиям отвечают металлические силосы. Однако возводимые емкости обладают существенными недостатками. Поэтому требуется разработка новых конструктивных решений, позволяющих повысить несущую способность и устойчивость стенки и тем самым снизить расход металла.

С целью повышения мобильности, снижения массы силосных сооружений нами предлагаются различные способы совершенствования стеновых ограждений емкостей. В [1—3] предложены новые конструктивные решения металлических зернохранилищ из рулонных заготовок при рядовом и круговом расположении силосов, собранных из ячеек (мини-оболочек), изготавливаемых из тонкостенных листовых заготовок давлением сжатого воздуха или давлением материала. Технология создания силосных ячеек разработана на основе принципов формообразования сварногнутых профилей, предложенных А.П. Денисовой [4]. В данной статье исследована несущая способность ячеек при их круговом расположении в системе емкости.

Экспериментальная установка. Для испытания моделей емкостей, собранных из мини-оболочек, была изготовлена специально запроектированная установка (рис. 1), состоящая из двух основных узлов: нагрузочного для соз-

дания продольного усилия по периметру оболочки и загрузочно-разгрузочного для создания внутреннего давления сыпучим материалом. Нагрузочный узел для создания осевого усилия сжатия оболочки представляет собой металлический пространственный каркас прямоугольного очертания в плане, состоящий из четырех тяжей, верхней 1 и нижней 4 стальных опорных плит, прижимного диска 2, фиксирующего кольца 9, динамометра 10 и маховика с винтом 12. Загрузочно-разгрузочный узел для создания внутреннего давления в оболочке состоит из загрузочной воронки, разгрузочного устройства 13, опорной рамы 5, расположенной на силовой железобетонной плите 8. Испытуемая оболочка 11 размещается на стальной плите 4. Осевое сжимающее усилие создавалось через прижимной диск 2 и верхнюю опорную плиту 1 маховиком с винтом 12. Усилие сжатия фиксировалось динамометром и регистрировалось индикатором часового типа. Внутреннее давление в оболочке создавалось сыпучим материалом с пригрузом.

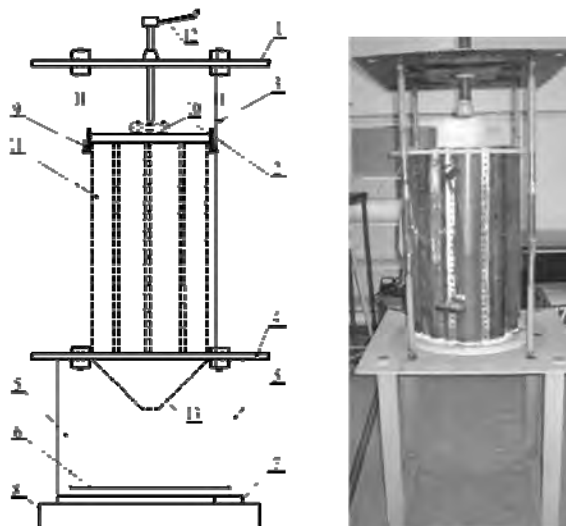


Рис. 1. Экспериментальная установка

Исследование модели из ячеек. Из десяти ячеек (мини-оболочек) была собрана модель силоса высотой 600 мм и диаметром 320 мм. Соединение ячеек между собой производилось с помощью доборных элементов и самонарезающих болтов. По краям цилиндрической емкости были установлены кольца жесткости (диафрагмы) из многослойной фанеры.

Модель емкости из мини-оболочек эллипсоидального поперечного сечения подвергалась следующим видам осесимметричного нагружения:

- давление сыпучего материала, определяемое формулой Янсена;
- давление сыпучего материала с пригрузом (рис. 2, а).

Янсеновское давление осуществлялось песком со следующими характеристиками: $\gamma = 1,6 \text{ т/м}^3$; $\phi = 30^\circ$; $f = 0,5$. Продольная сжимающая сила создавалась с помощью винта, фиксировалась динамометром и регистрировалась индикатором часового типа. Замеры относительных деформаций проводились тензодатчиками с базой 10 мм, которые располагались по наружной поверхности цилиндрической оболочки. В процессе проведения испытаний проводилась статистическая обработка результатов эксперимента [5].

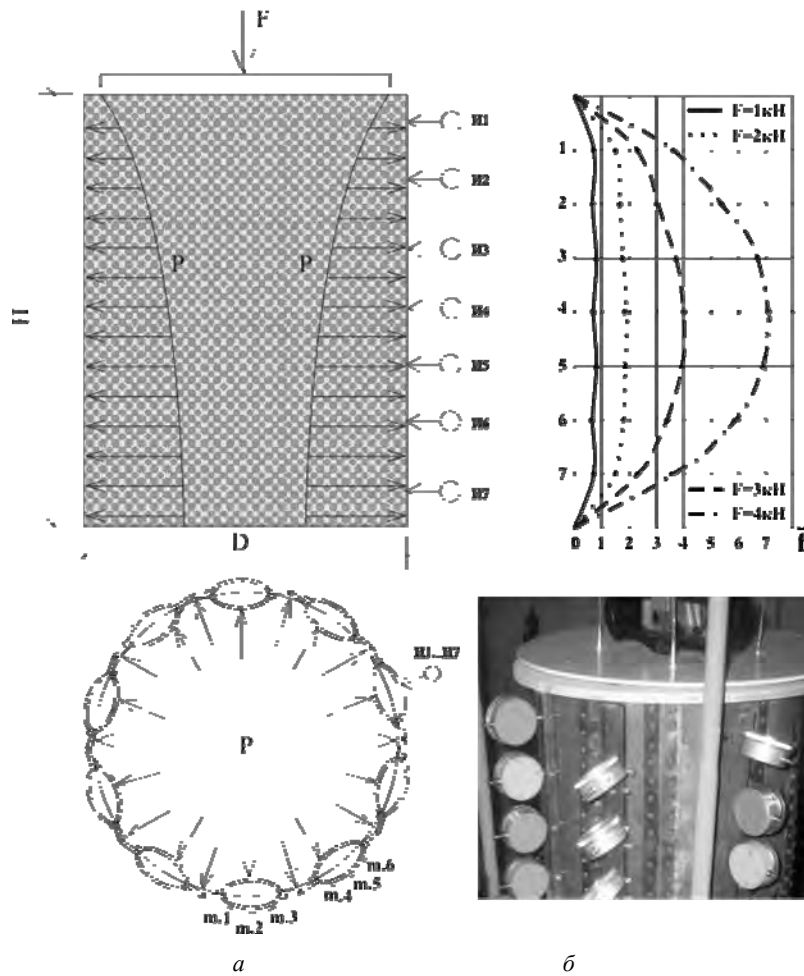
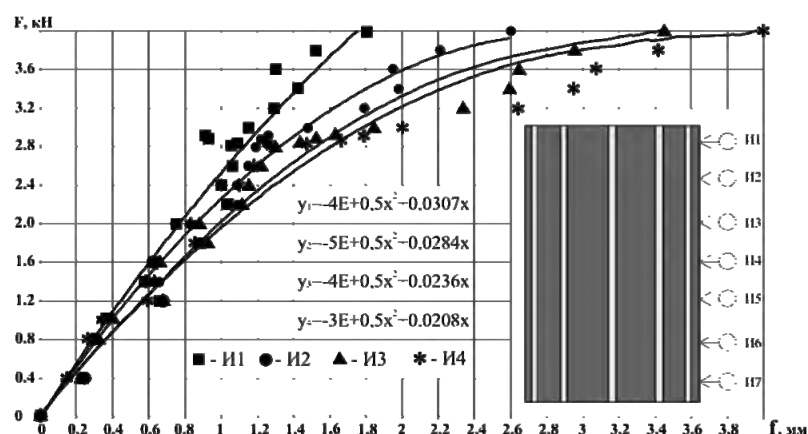


Рис. 2. Экспериментальные исследования на модели силоса: а — схема загрузки модели давлением сыпучего материала с пригрузом; б — прогибы ячейки (мини-оболочки)

Загружение модели силосной емкости сначала производилось мелким песком, затем он ступенчато пригружался сверху штампом (рис. 2, а) с величиной ступени 0,2 кН. На рис. 2, б обозначено $\bar{f} = \frac{f}{t}$, где f — прогиб по индикаторам; t — толщина заготовки мини-ячейки. После каждой ступени нагружения снимались показания с тензодатчиков и индикаторов часового типа. Кроме этого, изменение формы оболочки фиксировалось фотоаппаратом и видеокамерой. На рис. 3 приведены графики перемещений по четырем точкам.

Анализ графиков (рис. 3) показал, что при изменении нагрузки с 2 до 4 кН перемещения у опор увеличились в 2,5 раза, а в среднем сечении в 4 раза. Таким образом, мини-оболочка в середине емкости имеет заметно большие перемещения при всех этапах загрузки, чем в приопорных зонах. Из этого следует, что работа емкости из мини-оболочек приближается к работе гладкой оболочки, причем зависимость перемещений от нагрузки можно описать уравнениями регрессии, которые четко согласуются с результатами эксперимента.

Рис. 3. Зависимость « p — f »

Алгоритм определения НДС. При проведении экспериментально-теоретических исследований модели силоса возникает задача по определению напряженно-деформированного состояния. Нами была разработана методика определения нормальных напряжений, действующих в стенке силоса на всех этапах нагружения, суть которой заключается в следующем. Из модели емкости вырезалась условно мини-оболочка (полая оболочка), представляющая собой, по сути, балку-полоску, на которую действует сыпучий материал (рис. 4), длиной $l = H$, где H — высота модели силоса.

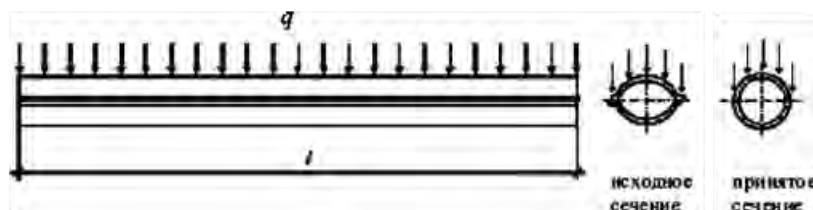


Рис. 4. Расчетная схема балки-полоски

В первом приближении расчет полой мини-оболочки можно произвести согласно безмоментной теории цилиндрических оболочек без учета усилий от совместной работы мини-оболочек в системе емкости. Края условно вырезанной мини-оболочки предполагаем закрепленными таким образом, чтобы нагрузка воспринималась опорами в форме сдвигающих сил. Такими опорами могут служить абсолютно жесткие в своей плоскости и подвижные в продольном направлении диафрагмы, на которые опирается оболочка. Ввиду подвижности опор в продольном направлении, очевидно, усилия N_1 на краях должны быть равны нулю. Перемещения u опор должны быть равны нулю. Принимая, что прогиб на опоре цилиндрической оболочки равен нулю, мы заранее можем утверждать, что у опоры безмоментное напряженное состояние будет нарушено, так как нарушается одно из условий его существования. Однако компоненты изгибного напряженного состояния носят местный характер [6].

Исследуемую мини-оболочку условно считаем цилиндрической, а нагрузку от давления сыпучего принимаем приложенной перпендикулярно к срединной поверхности оболочки. Компоненты нагрузки от сыпучего материала для

горизонтально расположенной цилиндрической оболочки могут быть представлены в виде разложения в ряд Фурье и в нашем случае имеют вид

$$p_1 = 0, p_2 = q \sin \theta = \text{const}, p_3 = -q \cos \theta = \text{const}, \quad (1)$$

где q — нагрузка, действующая на мини-оболочку, в запас принята как равномерно распределенная и вычисленная, кН/м, по выражению

$$q = Phk, \quad (2)$$

где h — ширина поверхности мини-оболочки; $k = 1, 2$ — коэффициент повышения нагрузки, учитывающий давление сыпучего на концевые участки мини-оболочек; P — радиальное давление, действующее на стенку модели силоса, состоит из давления от собственной массы сыпучего материала P_0 и из давления сыпучего материала P_q [7], вызванного его пригрузом, кН/м², $P = P_0 + P_q$.

Для определения усилий воспользуемся уравнениями безмоментной теории цилиндрических оболочек:

$$\left. \begin{aligned} r \frac{\partial N_1}{\partial \tilde{\theta}} + \frac{\partial S}{\partial \theta} + r p_1 &= 0, \\ \frac{\partial N_2}{\partial \theta} + r \frac{\partial S}{\partial \tilde{\theta}} + r p_2 &= 0, \\ N_2 &= r p_3. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

При заданных статических граничных условиях:

$$\begin{aligned} x = 0, N_1 &= 0; \\ x = l, N_1 &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

значения усилий определяются следующими выражениями:

$$\left. \begin{aligned} N_1 &= \frac{qx(x-l)}{r} \cos \theta \\ S &= -q(2x-l) \sin \theta, \\ N_2 &= -qr \cos \theta. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

При этом максимальное продольное усилие в середине пролета будет равно $N_1 = \frac{ql^2}{4r}$, тогда кольцевые нормальные напряжения в мини-оболочке определятся по формуле

$$\sigma = ql^2/4rA, \quad (6)$$

где A — площадь сечения мини-оболочки; r — радиус мини-оболочки; l — длина мини-оболочки.

Внутренняя часть полой мини-оболочки сжата, а наружная растянута. Сдвигающая сила S меняется по поперечному сечению мини-оболочки в зависимости от θ по синусоидальному закону. При $\theta = \pi/2$ сдвигающие усилия определяются выражением $S = -q(2x-l)$, а по краям полой оболочки сдвигающие усилия максимальные и равны $S = -ql$.

По результатам проведенных расчетов построен график зависимости $\bar{\sigma} — F$, где $\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sigma_0}$ (рис. 5).

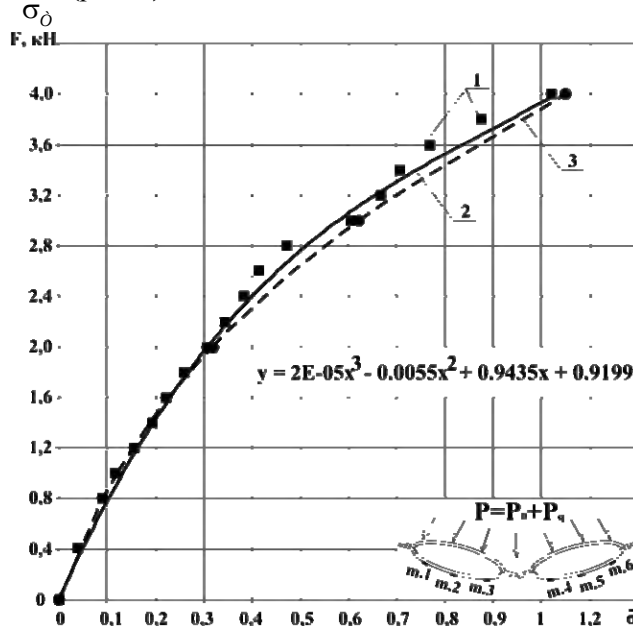


Рис. 5. Зависимость нагрузка — напряжения в точке 2 модели силоса: 1 — экспериментальные точки; 2 — аппроксимация экспериментальных точек; 3 — теоретическая кривая

В результате проведенных экспериментально-теоретических исследований модели емкости можно сделать следующие выводы:

методика испытаний была максимально приближена к реальной работе оболочек и отражала их напряженное состояние в системе емкости;

экспериментально подтверждена возможность использования конструкций сварногнутого сечения в качестве несущих панелей емкостей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ращепкина С.А. Способ сооружения емкостей из рулонированных материалов / С.А. Ращепкина, А.П. Денисова и др. Пат. № 2175372. 2001. БИ №30.
2. Ращепкина С.А. Способ монтажа металлических емкостей из сборных элементов / С.А. Ращепкина, А.П. Денисова, Д.А. Романов. Пат. № 2299961. 2007. БИ №15.
3. Ращепкина С.А. Способ изготовления металлических мини-элеваторов из рулонных заготовок / Третье тысячелетие — новый мир : тр. Междунар. форума по проблемам науки, техники и образования : в 3-х т. Т. 2. М. : Академия наук о Земле, 2004. С. 116—118.
4. Денисова А.П. Легкие металлические конструкции повышенной транспортабельности / Саратов : СГТУ, 1989. 76 с.
5. Математическая теория планирования эксперимента / под ред. С.М. Ермакова. М. : Наука, 1983. 392 с.
6. Колкунов Н.В. Основы расчета упругих оболочек. М. : Высшая школа, 1972. 296 с.
7. Курочкин А.М. Напряжения сыпучих материалов в силосах // Исследования, относящиеся к расчетам силосов железобетонного зернового элеватора : сб. ст. Саратов, 1966. 239 с.

© Ращепкина С.А., Романов Д.А., 2008

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

УДК 517.53

С.И. Шиян, А.Н. Богомолов

К ВОПРОСУ ОБ ОСОБЫХ ТОЧКАХ ПРИ РЕШЕНИИ ГРАНИЧНЫХ ЗАДАЧ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ МЕТОДАМИ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА

Приведены примеры определения координат особых точек для некоторых известных отображающих функций. Показана возможность решения обратной задачи — нахождения значений коэффициентов отображающей функции, при которых особая точка будет иметь заранее заданные координаты.

К л ю ч е в ы е с л о в а: механика грунтов; напряженно-деформированное состояние грунтового массива; комплексный анализ.

The authors give examples of the determination of special points' coordinates for certain well-known mapping functions. The paper shows a possible solution of an inverse problem aimed at determining the values of mapping function coefficients at which special point will have predetermined coordinates.

K e y w o r d s: soil mechanics; stress-strain state of soil body; complex analysis.

Одной из основных задач геомеханики является оценка напряженно-деформированного состояния грунтового массива. Согласно научной классификации эта задача в целом является задачей механики деформируемого твердого тела, а на первом этапе решения — задачей теории упругости. Получение аналитических решений задач теории упругости сопряжено со значительными трудностями математического характера, что предопределяет интенсивное развитие численных методов.

Тем не менее получение аналитических решений крайне важно с инженерной точки зрения, так как с их помощью можно определять адекватные граничные условия, накладываемые на расчетные схемы, при использовании численных методов, в частности, метода конечных элементов.

Большими возможностями для получения аналитических решений краевых задач теории упругости обладают методы теории функций комплексного переменного, которые получили развитие в основном в работах академика Н.И. Мусхелишвили [1] и представителей его научной школы.

Одним из необходимых условий при использовании методов комплексного анализа для решения соответствующих задач является отыскание функции комплексного переменного, которая совершает конформное отображение канонической области (внутренности или внешности единичного круга или верхней или нижней полуплоскости) на полубесконечную область со сложной криволинейной границей.

Получение отображающих функций является важной задачей, представляющей самостоятельный интерес. В настоящее время не существует эффективных методов построения функций, которые совершают конформные отображения круга или полуплоскости на область с заданным очертанием границ, так как заранее невозможно знать взаимного соответствия точек границы круга (полуплоскости) и границы L исследуемой области S . Поэтому вид отображающей функции определяют путем составления различных сочетаний и комбинаций простейших функций [2, 3].

Различные виды отображающих функций представлены в работах Н.С. Курдина и В.Н. Телиянца [4], З.Г. Тер-Мартirosяна и Д.М. Ахпателова [5, 6], Н.А. Цытовича [7], Э.В. Калинина [8], В.К. Цветкова [9], А.Н. Богомолова [10]. Все эти функции являются полиномами (так как построение аналитического решения задачи теории упругости в этом случае проводится наиболее просто [11]) и отличаются друг от друга по существу лишь количеством членов полиномиального ряда.

Отметим, если отображающая функция является полиномом, то вычисление приближенных значений ее коэффициентов можно проводить на основании предложений П.В. Мелентьева [12] и П.Ф. Фильчакова [13].

Для полуплоскости с трапециевидным вырезом В.К. Цветков предложил методику так называемых «плавающих точек», руслом которых является граница исследуемой области [9].

Усложнение отображающей функции расширяет многообразие криволинейных границ односвязных областей, однако, это одновременно приводит и к усложнению решения соответствующих граничных задач теории упругости.

Одним из наиболее существенных моментов, влияющих на точность решения, является наличие на границе полубесконечных областей точек, в которых отображающие функции перестают быть голоморфными, другими словами, точек, в которых теряется гладкость этих функций. Поскольку эти точки являются особыми и для функций напряжения, то значения компонент напряжения в этих точках очень велики, вследствие чего в их окрестностях поле напряжений подвержено сильному искажению.

Рассмотрим отображающие функции, приведенные в упомянутых выше работах. В [4] рассматривается отображающая функция

$$\omega(\zeta) = \gamma \zeta \left[1 - \frac{iB}{c(\zeta - ic)} \right], \quad (1)$$

где $z = x + iy$, $\zeta = \xi + i\eta$, $\eta \leq 0$.

Криволинейная граница полубесконечной односвязной области описывается параметрическими уравнениями

$$\begin{cases} x(t) = \frac{\gamma t}{t^2 + c^2} (B + t^2 + c^2); \\ y(t) = -\frac{\gamma B t^2}{c(t^2 + c^2)}. \end{cases} \quad (2)$$

Для нахождения особых точек, расположенных на границе полуплоскости, определим производные функций $x(t)$ и $y(t)$, которые имеют вид

$$y'(t) = -\frac{2\gamma Bct}{(t^2 + c^2)^2}, \quad (3)$$

$$x'(t) = \frac{t^4 + (2c^2 - B)t^2 + Bc^2 + c^4}{(t^2 + c^2)^2}. \quad (4)$$

Приравнивая правую часть соотношения (3) нулю, получим единственный корень $t = 0$. Затем, приравнивая выражение (4) нулю и подставляя в него значение $t = 0$, имеем

$$B = -c^2. \quad (5)$$

Если выполняется условие (5), то на границе полубесконечной области имеется особая точка. Приведенное нами условие получено в [2], но при использовании другого подхода.

В [5] рассмотрена отображающая функция

$$\omega(\zeta) = c \left[\zeta + \frac{b}{\zeta - i} \right], \quad (6)$$

где $z = x + iy$, $\zeta = \xi + i\eta$, $\eta \leq 0$, b — постоянные величины; c — коэффициент пропорциональности.

Параметрические уравнения криволинейной границы полубесконечной односвязной области в этом случае имеют вид

$$\begin{cases} x(t) = ct + \frac{cbt}{t^2 + 1}; \\ y(t) = \frac{cb}{t^2 + 1}. \end{cases} \quad (7)$$

Проводя аналогичные действия и рассуждения, нетрудно показать, что наличие особых точек на контуре характеризуется условием $b = -1$, полученным авторами [3] из условия равенства нулю радиуса кривизны границы полубесконечной односвязной области в этой точке.

В [3, 7] рассмотрена отображающая функция вида

$$\omega(\zeta) = c \left(\zeta - \frac{B\zeta - b}{\zeta + a - di} \right), \quad (8)$$

где $z = x + iy$, $\zeta = \xi + i\eta$, $\eta \leq 0$, $d > 0$, B, a, b — постоянные величины; c — коэффициент пропорциональности.

Параметрические уравнения границы соответствующей односвязной области имеют вид

$$\begin{cases} x(t) = c \left[t - \frac{(Bt - b)(t + a)}{(t + a)^2 + d^2} \right]; \\ y(t) = -c \frac{(Bt - b)d}{(t + a)^2 + d^2}. \end{cases} \quad (9)$$

Отыскивая производные $x'(t)$ и $y'(t)$, получим условия, при выполнении которых они равны нулю:

$$t^4 + a_1 t^3 + a_2 t^2 + a_3 t + a_4 = 0, \quad (10)$$

$$Bt^2 - 2bt - a_5 = 0, \quad (11)$$

где $a_1 = 4(a - B)$; $a_2 = 6a^2 + 3b - 9aB + 2d^2$;

$$a_3 = 4a^3 + 6ab - 6ab - 6a^2B + 4ad^2 - 2Bd^2;$$

$$a_4 = a^4 + 3a^2b - a^3B - aBd^2 + bd^2 + d^4; \quad a_5 = a^2B + 2ab + Bd^2.$$

Общие корни уравнений (10) и (11) дают значения параметра, при котором на границе односвязной области имеется особая точка. Координаты этой точки нетрудно получить, подставляя найденные при решении уравнений (7) и (8) значения t в параметрические уравнения границы (9).

Очевидно, можно решать и обратную задачу, т.е. задачу о нахождении значений коэффициентов отображающей функции, при которых особая точка, если таковая есть, будет иметь заранее заданные координаты $(x; y)$.

Аналогичному анализу можно подвергнуть отображающие функции, предложенные В.К. Цветковым [9] и А.Н. Богомоловым [10], однако уравнения, подобные (10) и (11), ввиду их громоздкости лучше записывать при конкретных значениях отображающих функций. Корни получившихся уравнений с высокой степенью точности могут быть определены численно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука, 1966.
2. Тер-Мартirosян З.Г., Ахпателов Д.М. Расчет напряженно-деформированного состояния массивов многофазных грунтов. М.: МИСИ, 1982.
3. Цытович Н.А., Тер-Мартirosян З.Г. Основы прикладной геомеханики в строительстве. М.: Высшая школа, 1981.
4. Курдин Н.С., Теляниц В.Н. Концентрация напряжений в полубесконечных областях при действии распределенных нагрузок // Некоторые вопросы механики горных пород: научные труды МГИ. М., 1968.
5. Ахпателов Д.М., Тер-Мартirosян З.Г. О напряженном состоянии весомых полубесконечных областей // Изв. АН. Арм. ССР, XXIV, серия. «Механика». 1971. № 3.
6. Ахпателов Д.М. Напряженное состояние горных массивов с криволинейными границами в поле гравитации // Тр. ВСЕГИНГЕО. 1972. Вып. 48.
7. Тер-Мартirosян З.Г., Ахпателов Д.М. Напряженное состояние горных массивов в поле гравитации // Докл. АН СССР. 1975. Т. 220. № 2.
8. Калинин Э.В. Об аналитическом решении задачи о распределении напряжений в основании и бортах глубоких речных долин // Тезисы докл. IV научн. отч. конф. геол. ф-та МГУ. Изд-во МГУ, 1969.
9. Цветков В.К. Расчет устойчивости откосов и склонов. Волгоград: Нижн.-Волж. кн. изд-во, 1979.
10. Богомолов А. Н. Расчет несущей способности оснований сооружений и устойчивости грунтовых массивов в упругопластической постановке. Пермь: ПГТУ, 1996.
11. Угодчиков А.Г. Построение конформно отображающих функций. Киев: Наукова думка, 1966.
12. Мелентьев П.В. // Конформные отображения односвязных и многосвязных областей. М.-Л.: ОНТИ, 1937.
13. Фильчаков П.Ф. Приближенные методы конформных отображений: справ. руководство. Киев, 1964.

© Шиян С.И., Богомолов А.Н., 2008

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

УДК 69.059.1:006.354

В.А. Кабанов, О.Н. Замыцкий**РИСК ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКАЗА КАК ХАРАКТЕРИСТИКА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТА КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ**

Обосновывается необходимость создания логико-вероятностного подхода к оценке надежности конструктивных систем, учитывающего не только резерв прочности, но и риск аварии строительного объекта.

К л ю ч е в ы е с л о в а: конструктивные системы, надежность; резерв прочности; риск аварии строительного объекта.

Fall of big number building project is happen in result of combination of row factors, formed by objecting risk of damage. In contemporary condition is necessary to creation logical probabilistic approach to appraisal structural system reliability.

К е y w o r d s: structural systems, reliability; strength reserve; construction object accident risk.

Надежность конструктивной системы может характеризоваться несколькими показателями (рис. 1): вероятностью возникновения отказа V , риском возникновения отказа R , временем до разрушения t и резервом несущей способности γ^{res} (или характеристикой безопасности согласно [1]).



Рис. 1 Показатели надежности

возникновения отказа при оценке надежности

$$r = \frac{V_{\text{ser}}}{V_d} = \frac{1}{v}, \quad (1)$$

где V_{ser} — фактическое значение вероятности возникновения отказа; V_d — теоретическое значение вероятности возникновения отказа; v — вероятность того, что элемент соответствует проекту или уровень конструкционной надежности элемента.

Если принять за основу, что теорема гипотез (формула Байеса) [2] остается справедливой и для ограниченного числа элементов, то для определения нормативного значения риска возникновения отказа может быть использовано среднее значение риска

В строительной среде часто встречается мнение о том, что здания, имеющие достаточный запас прочности (резерв несущей способности элемента γ^{res}) по отношению к расчетным внешним нагрузкам и воздействиям, надежны по отношению к непроектным факторам влияния (дефектам, ошибкам). На практике данный тезис не подтверждается.

Для более объективного определения технического состояния конструкции необходимо учитывать риск

$$r_m = \frac{1}{M\nu}, \quad (2)$$

где $M\nu$ — математическое ожидание случайной величины ν , численные значения которой находятся в интервале от 0 до 1.

На множестве элементов, использованных при строительстве объекта, закон распределения случайной величины является симметричным относительно значения 0,5. Поэтому независимо от вида распределения величины $M\nu = 0,5$. Из формулы (2) следует, что естественный риск возникновения отказа $R = 2$.

На практике $V_{\text{ser}} \geq V_d$, следовательно, величине r соответствуют значения больше 1. Если величина r имеет значение меньше 1, это значит, что фактическая надежность элемента выше заложенной в проекте. Такие исключения могут быть связаны только лишь с субъективными факторами создания дополнительного резерва прочности. Для определения надежности конструктивной системы необходимо рассматривать диапазон нормативных значений величины r в интервале [1, 2], при этом должны учитываться уровни ответственности здания по надежности, например, в соответствии с положениями СНиП 2.01.07—85* «Нагрузки и воздействия» или ранее проведенными исследованиями в данной области [3].

Фактическое значение риска возникновения отказа может быть определено из формулы (1) с учетом значений фактической V_{ser} и проектной V_d вероятности разрушения конструкции, полученных через интеграл Гаусса [1]:

$$V_{\text{ser}} = \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\gamma_{\text{ser}}^{\text{res}}} \exp \frac{-x^2}{2} dx, \quad (3)$$

где $\gamma_{\text{ser}}^{\text{res}}$ — характеристика резерва несущей способности, определяется при проведении обследования и рассчитывается по формуле [1]

$$\gamma_{\text{ser}}^{\text{res}} = \frac{S_d}{S_{\text{ser}}} = \frac{R_d - Q_d}{\sqrt{R_{\text{ser}} + Q_{\text{ser}}}}, \quad (4)$$

где R_{ser} — фактическая несущая способность в данный момент времени; Q_{ser} — фактическая нагрузка в данный момент времени; R_d и Q_d рассчитываются на основании действующих норм и правил; Q_{ser} рассчитывается на основании проведенного обследования.

$$V_d = \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\gamma_d^{\text{res}}} \exp \frac{-x^2}{2} dx, \quad (5)$$

где $\xi = \frac{R_d}{Q_d}$; A_Q и A_R — изменчивость величин Q_1 и R_1 ; R_d — несущая способность элемента по проекту; Q_d — нагрузка по проекту.

Авторы подразумевают, что при определении характеристик $R_{ser}, Q_{ser}, R_d, Q_d$ в формулах (4) и (5) используется вероятностно-статистический подход, если возможна его реализация.

Значение R_{ser} должно рассчитываться на основании проведенного обследования (рис. 2), с учетом срока службы и накопления повреждений при эксплуатации:

проверить соответствие элемента и учесть точность монтажа, так как возможны отступления от проекта. Если при обследовании действительно обнаружены отступления от проекта, необходимо установить, каким образом это отразилось на работе элемента под нагрузкой;

учесть снижение несущей способности элемента при длительном действии эксплуатационных нагрузок можно с применением концепции накопления микроповреждений и кинетической теории прочности Журкова [4, 5]:

$$R_{ser,t} = f(U_0, t, \gamma_t), \quad (6)$$

где U_0 — начальная энергия активации процесса разрушения; t — время работы элемента под нагрузкой; γ_t — структурно-чувствительный коэффициент;

оценить утрату сопротивления разрушению при наличии макроповреждений с применением методов механики разрушения. Например, при наличии трещин, необходимо использовать зависимость несущей способности от параметров длины трещины [5, 6]:

$$R_{ser,cr} = f(K_c, l_{cr}), \quad (7)$$

где l_{cr} — параметр длины трещины; K_c — критический коэффициент интенсивности напряжений как показатель сопротивления разрушению в локальной зоне несущего элемента с трещиной.



Рис. 2. Алгоритм проведения обследования при оценке эксплуатационной несущей способности R_{ser}

Найденные значения нормативного и фактического риска можно сопоставить и сделать выводы о надежности исследуемого элемента конструктив-

ной системы и соответствии установленному уровню ответственности по надежности.

Для строительного контроля и государственного надзора за соблюдением обязательных требований безопасности при техническом регулировании в строительной отрасли неизбежна процедура нормирования рисков и решения вопроса о том, какое значение риска является критическим. Предельный риск ресурсного отказа предлагается определять с помощью наиболее представительного показателя закона распределения, каковым является энтропия риска, представляющая информацию о степени неопределенности технического состояния объекта. Если сгенерировать зависимость энтропии от математического ожидания риска, а также зависимость скорости роста энтропии от риска, то можно определить область значений риска, при которых состояние элемента конструктивной системы становится стабильно аварийным.

Таким образом, при всей обстоятельности исследований, проведенных ранее, круг научных проблем обеспечения надежности и регулирования уровней риска и надежности на эксплуатационной стадии жизненного цикла зданий далеко не исчерпан [7].

В процессе проектирования определяют расчетные схемы нагрузок и воздействий, учитывают качество и количество применяемых элементов, устанавливают расчетную надежность как отдельных элементов, так и конструктивных подсистем разного уровня: составных конструкций, узловых соединений, связевых блоков, здания в целом [8]. При изготовлении обеспечивают фактическую надежность конкретного элемента, групп элементов, зависящую от качества применяемых материалов, отдельных деталей, сборки и монтажа. После изготовления надежность поддерживают на необходимом уровне правильной организацией эксплуатации и менеджментом надежности в соответствии с требованиями [7, 8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ржаницын А.Р.* Теория расчета строительных конструкций на надежность. М. : Стройиздат, 1978. 240 с.
2. *Аугусти Г., Баратта А., Кашиати Ф.* Вероятностные методы в строительном проектировании : пер. с англ. М. : Стройиздат, 1988.
3. *Кабанов В.А., Замыцкий О.Н.* Определение уровня ответственности конструктивных систем по параметрам надежности // Научно-технические проблемы прогнозирования надежности и долговечности конструкций и методы их решения : труды Международной конференции «Relmas-2008». СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2008. С. 149—153.
4. *Регель В.Г., Слуцкер А.И., Томашевский Э.С.* Кинетическая природа прочности твердых тел. М. : Наука, 1974. 560 с.
5. *Нотт Дж.Ф.* Основы механики разрушения : пер. с англ. М. : Металлургия, 1978. 256 с.
6. *Кабанов В.А.* Надежность элементов конструкций / Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2003. 147 с.
7. ГОСТ Р 51901.2—2005. Менеджмент риска. Системы менеджмента надежности. М. : Стандартинформ, 2005. 11 с.
8. ГОСТ 27.301—95. Расчет надежности. Основные положения. Минск : Изд-во стандартов. 1996. 16 с.

© Кабанов В.А., Замыцкий О.Н., 2008

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

УДК 624.04

А.В. Жиделёв**ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫХ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ**

Приведена классификация задач нелинейной теории упругости, на основании которой рассмотрены особенности работы стержневых геометрически нелинейных систем с учетом многообразия возможных задач: типов стержней, внешней нагрузки, наложенных связей и т.д.

К л ю ч е в ы е с л о в а: стержневые геометрически нелинейные системы; упругости теория нелинейная.

The author presents a classification of problems of non-linear elasticity theory on the ground of which the specific features of the work of geometrically nonlinear rod systems are considered taking into account the diversity of possible problems: types of rods, external load, applied braces and so on.

К e y w o r d s: geometrically nonlinear rod systems; non-linear elasticity theory.

В отличие от классического случая малых перемещений, нельзя определять реакции опор заранее, рассматривая стержень как абсолютно твердое тело. Все опорные реакции будут существенно зависеть от значений искомых перемещений. Поэтому задачи данного типа, в отличие от обычной теории малых перемещений, будут в принципе статически неопределимыми.

Это видно даже на простейшем примере поперечного изгиба прямой жестко закрепленной балки (рис. 1), где существенное значение имеет не только прогиб v_k на незакрепленном конце, но и горизонтальное смещение u_k , которым линейная приближенная теория изгиба пренебрегает. Поэтому момент реакции в заделке, в отличие от обычного $M_0 = P \cdot l$, будет $M_0 = P \cdot (l - u_k)$.

На рис. 2 показано, как направлены реакции R в опорах при больших угловых перемещениях, обусловленных изгибом под действием силы P первоначально прямой тонкой полоски. В отличие от обычного значения реакции $R_A = R_B = P/2$, получаем $R_A = R_B = P/(2 \cos \alpha_B)$, причем сила R отклоняется от вертикали на угол α_B поворота полоски на опоре. В этом примере существенным является также и изменение длины изгибаемой части полоски за счет скольжения ее по двум опорам в процессе изгиба.

Во всех случаях наблюдается зависимость реакций в опорах от значений перемещений при изгибе. Итак, действительно, при больших перемещениях, в отличие от случая малых перемещений, все задачи становятся статически неопределимыми.

Сказанное относится и к поведению внутренних сил и моментов, возникающих в произвольных поперечных сечениях стержня. Так, на рис. 3 изгибающий момент в поперечном сечении $\tilde{s}$ вместо обычного $M_s = P \cdot (l - s)$ будет $M_s = P \cdot (l - s - (u_k - u_s))$. Внутренняя же сила будет не только поперечной, равной P , а будет иметь поперечную $P \cos \alpha_s$ и продольную $P \sin \alpha_s$ составляющие.

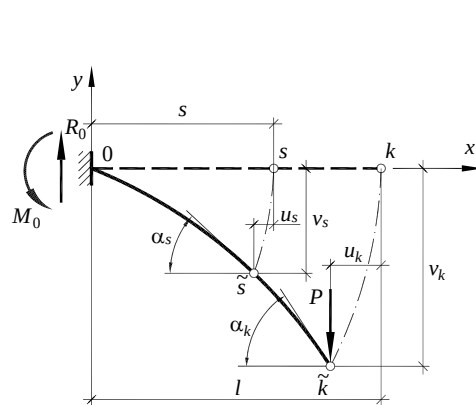


Рис. 1

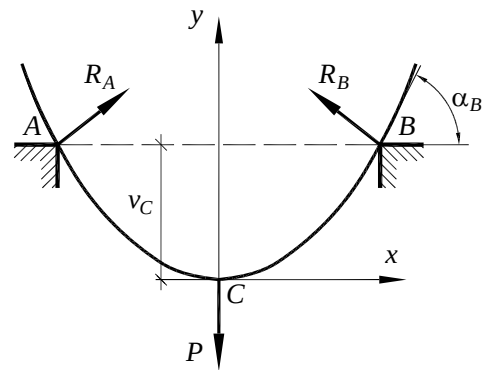


Рис. 2

Следующим важным и специфическим обстоятельством является столь же большое перемещение и векторов внешних сил, и моментов, под действием которых происходит деформация системы. При этом закон перемещения вектора внешней силы может зависеть от искомых перемещений точек стержня. Например, при поперечном изгибе консольной балки (см. рис. 1) внешняя сила P сохраняет в процессе изгиба вертикальное направление. Тогда имеются зависимости $v_k = v_k(P)$ и $u_k = u_k(P)$, определяющие поступательное перемещение вектора силы в процессе изгиба.

Возможна и иная картина, когда вектор силы P в процессе изгиба сохраняет угол 90° с касательной к упругой линии на незакрепленном конце консольной балки (рис. 3). Тогда появляется еще зависимость $P = P(\alpha_k)$. На практике наблюдаются и более сложные законы перемещения вектора внешних сил. Например, на точечную массу m , закрепленную на консоли (рис. 4), действует изгибающая внешняя сила P , которая складывается из силы тяжести P_G и центробежной силы P_F , вследствие чего вектор силы P отклоняется на некоторый переменный угол α_k от вертикали в зависимости от скорости вращения (т.е. в зависимости от центробежной силы P_F).

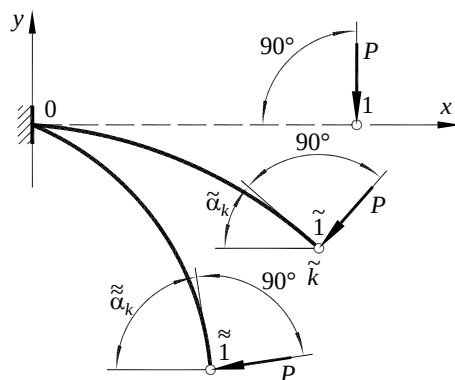


Рис. 3

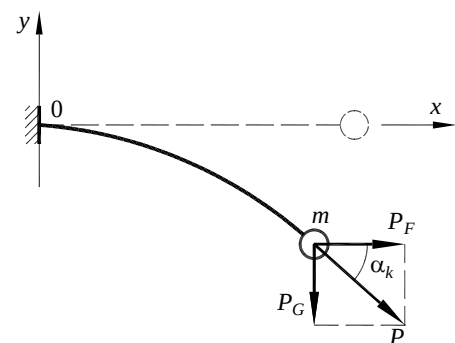


Рис. 4

В итоге имеем три вида перемещений внешних сил в процессе нагружения:

- 1) поступательное перемещение, когда вектор силы перемещается параллельно самому себе, как, например, на рис. 1;
- 2) следящее перемещение, когда вектор силы сохраняет постоянный угол с направлением упругой линии в точке приложения силы, т.е. следит за поворотом соответствующего сечения стержня, как, например, на рис. 2 и 3;
- 3) общий случай перемещения, когда сила не остается параллельной и не следит за поворотом упругой линии, как на рис. 4.

В каждом из этих трех видов перемещений сил могут быть следующие варианты: 1) точка приложения силы все время связана с определенной точкой упругой линии; 2) точка приложения силы перемещается вдоль упругой линии.

Кроме того, возможны случаи, когда: 1) значение силы может быть задано (большинство задач); 2) значение силы находится в явной зависимости от перемещений и поэтому определяется только в процессе расчета этих перемещений.

Определяя большие перемещения точек стержня, можно получать траектории перемещения любой точки упругой линии (т.е. любого поперечного сечения стержня). В общем случае эти траектории будут криволинейными (см. рис. 1).

В приведенных выше примерах рассматривалось статическое приложение узловой нагрузки. В общем случае нагрузка может быть произвольного характера (распределенной) и действовать по времени по некоторой зависимости $P = P(t)$.

Покажем неприменимость принципа суперпозиции решений, а также базирующихся на нем теорем о взаимности работ Бетти и о взаимности перемещений Максвелла. В самом деле, в обычной теории изгиба стержней можно отдельно рассчитать случаи, показанные на рис. 5, а и б, а для случая, приведенного на рис. 5, в, эти результаты просто сложить. При больших же перемещениях, будучи совместно приложены, силы P_1 и P_2 действуют на меньших расстояниях от заделки консольного стержня ($\tilde{l}_1$ и $\tilde{l}_2$), чем при раздельном их действии ($l_{1,1}$ и $l_{2,2}$). Вследствие этого и результирующий прогиб $\tilde{v}_i$ консольного стержня будет меньше суммы прогибов, обусловленных действием отдельных сил, т.е.

$$\begin{aligned} v_{1,1} + v_{1,2} &> \tilde{v}_1, \\ v_{2,1} + v_{2,2} &> \tilde{v}_2. \end{aligned} \quad (1)$$

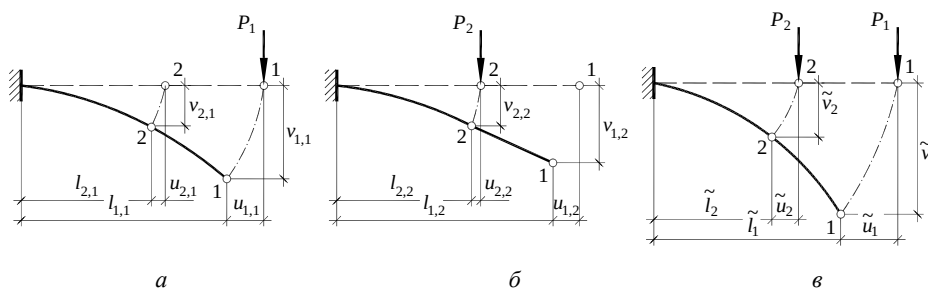


Рис. 5

Как указывалось выше, зависимость $v_{i,j}(P_j)$ носит нелинейный характер. Следовательно, становится некорректным принцип построения системы канонических уравнений линейной теории расчета, основанный на использовании принципа возможных перемещений, т.е.:

$$v_{i,j} \neq \delta_{i,j} \cdot P_j, \quad (2)$$

где $\delta_{i,j}$ – перемещение узла i от действия единичной силы $\bar{P}_j = 1$.

П р и м е р. Рассмотрим поведение системы, известной как ферма Мизеса, при загрузке нагрузкой $P = P(y)$ (рис. 6, а).

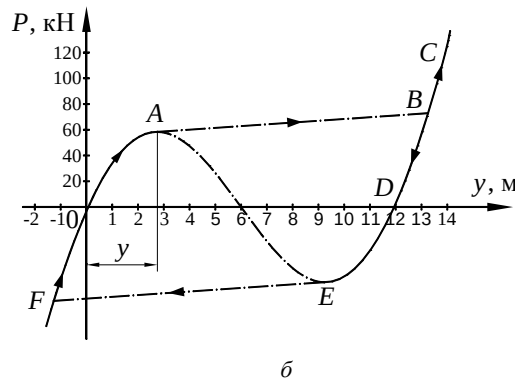
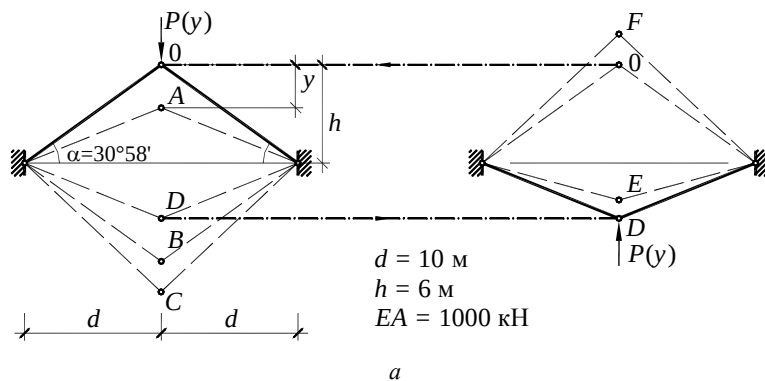


Рис. 6

Составляя уравнения равновесия с учетом геометрии системы, получаем

$$P(y) = 2EA \cdot (h - y) \cdot \left(\frac{1}{\tilde{l}(y)} - \frac{1}{l} \right). \quad (3)$$

На рис. 6, б приведен график прогиба в центральном шарнире y в зависимости от значения силы $P(y)$. Первоначально на участке OA система деформируется по мере роста силы P . В точке A происходит «перескок» до точки B (процесс происходит без увеличения силы, прямосимметричная форма потери устойчивости). При дальнейшем увеличении нагрузки стержни будут растяги-

ваться и система деформируется по мере роста нагрузки (участок BC). Если приложить силу противоположного знака до точки E (участок CBE), то произойдет перескок в обратную сторону (участок EF). Если прикладывать силу P согласно участку AEB , то перескока не произойдет и система плавно перейдет из верхнего положения A в нижнее B .

Анализируя приведенное решение фермы, можно сделать следующие *выводы*.

1. Существуют такие моменты, когда описание поведения системы статическими методами становится невозможным (на участках AB и EF система не находится в статическом равновесии, и ее точки приобретают некоторые ускорения).

2. Зависимости вида $\{P\} = \{P(\{Z\})\}$, $\{S\} = \{S(\{Z\})\}$ в общем случае не являются монотонными функциями и имеют участки, когда одному значению аргумента соответствует несколько значений функции, что приводит к неопределенности конечного результата на данном шаге итерационного процесса.

3. Построение современных численных методов расчета ГНС основано на линейном решении данного этапа загрузки с последующим уточнением перемещений по разнице внутренних и внешних усилий [1—3]. При этом система совершает дополнительные перемещения в окрестностях искомых точек, стремясь занять равновесное положение. Поэтому при нагружении системы на участке OA в окрестности точки A в зависимости от величины амплитуды перемещений около искомого положения система может либо остаться на участке OA , либо перескочить на участок BC .

4. В зависимости от начального α_0 и конечного α углов наклона стержней фермы Мизеса имеют место обратно- и прямосимметричная формы потери устойчивости второго рода, связанные с изменением расчетной схемы системы.

Таким образом, общий анализ поведения стержневых ГНС указывает на многообразие возможных задач в зависимости от типа стержней, внешней нагрузки, наложенных связей и т.д. В целях прослеживания кинетики НДС стержневых ГНС в любой момент времени необходимо знать и дополнительно учитывать в расчете кинематические и инерционные характеристики системы.

Существует достаточно большой класс задач, которые не могут быть решены в линейной статической постановке: явление «перескока», статически и кинематически неопределимые системы (простейшие механизмы), потеря устойчивости второго рода, связанная с изменением расчетной схемы в результате нагружения, и пр.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дарков А.В. Строительная механика / А.В. Дарков, Н.Н. Шапошников. М.: Высшая школа, 1986. 607 с.
2. Игнатьев В.А., Жиделев А.В. Смешанная форма МКЭ в расчетах геометрически нелинейных стержневых систем // Вестник ВолгГАСА. Сер.: Техн. науки. 2001. Вып 1(4). С. 47—54.
3. Хечумов Р.А., Покровский А.А. Смешанная форма МКЭ в расчетах стержневых систем с учетом физической и геометрической нелинейности // Строительная механика и расчет сооружений. 1991. № 2. С. 5—11.

© Жиделев А.В., 2008

Поступила в редакцию
в декабре 2008 г.

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

УДК 625.8.007

С.В. Алексигов, С.С. Алексигов

ПРОЕКТ ГОНОЧНОЙ ТРАССЫ «MOSCOW RACEWAY» В РОССИИ

Представлен проект первой в России гоночной трассы Ф1 «Moscow Raceway». Гоночный трек Grand Prix соответствует всем требованиям FIA.

К л ю ч е в ы е с л о в а: гоночные трассы; дорожные одежды.

There is introduced the first in Russia race track F1 "Moscow Raceway". The Grand Prix track fulfill all requirements of the FIA.

К е y w o r d s: race track; road pavement.

В октябре 2008 г. в Московской области начато строительство первой в России гоночной трассы «Moscow Raceway». Крытая центральная трибуна способна принять 10 000 зрителей, а всего автодром сможет вместить до 100 000 зрителей. Трасса для соревнований международного масштаба (трасса Формула 1) имеет общую длину в 3958 м с 6 правыми и 9 левыми поворотами, движение по которым осуществляется в направлении против часовой стрелки (рис. 1). Ширина трассы составляет от 12 до 21 м; стартовая / финишная прямая имеет ширину 15 м для обеспечения нормального старта и длину 460 м. Средняя расчетная скорость автомобилей — 185,13 км/ч, ожидаемое время прохождения каждого круга составляет до 76,02 с.



Рис. 1. План гоночной трассы «Moscow Raceway»

Осевая линия гоночной трассы проходит через самую нижнюю точку данного района у поворота 12 на отметке 227,00 м, самая высокая точка данной местности находится у поворота 2 на отметке 252,00 м. Комбинация прямых и кривых линий, частые изменения циклов нагрузки, связанные с поднимающимися и спускающимися продольными профилями, позволяют развить скорость до 311 км/ч перед поворотом 15 и требуют снижения скорости на узких кривых до 105 км/ч.

Непрерывные изменения между ускорением и снижением скорости, связанные высокоскоростными отрезками, бросают вызов пилотам, обеспечивают возможность для совершения обгонных маневров и позволяют зрителям наблюдать за интенсивными и напряженными автомобильными гонками.

Проект трассы соответствует всем требованиям ФИА (Международной федерации автоспорта) категории 1-Т, то есть здесь разрешено использовать все классы гоночных автомобилей (автомобили Формулы 1-Т, Формулы 3000, Формулы 3, спортивные автомобили, GT (Гранд Туризм), туристические автомобили). Трасса будет иметь защитные приспособления, такие как стальные ограждения, барьеры из шин и служебные дороги с двух сторон трассы.

В проекте предусмотрены 17 различных конфигураций плана трассы. Три дорожки, соединяющие отдельные сегменты трассы, так называемые кратчайшие пути (short cuts), позволяют оператору проводить гоночные соревнования по нескольким небольшим кругам в различных вариациях (рис. 2).



Рис. 2. Дорожки, позволяющие использовать различные варианты трассы

Проектирование плана, продольного профиля трассы и сооружений на прилегающей местности выполнено на цифровой модели местности. В целях снижения стоимости объекта особое внимание уделено балансу земляных работ. Объем оплачиваемых земляных работ составляет 133 530 м³.

Дорожная одежда на гоночном треке и спрямляющих

дорожках имеет следующие конструктивные слои: слой износа асфальтового покрытия, модифицированный для гоночных трасс — 4 см; промежуточный слой асфальтового покрытия (ГОСТ 9128—97) — 6 см; подстилающий слой дорожного покрытия (ГОСТ 9128—97) — 7 см; подстилающий слой из дробленого камня / гидравлически вяжущего вещества — 20 см; теплоизоляционный слой / дренажный песок — 53 см. Принятая конструкция прошла независимую экспертизу в ВолгГАСУ, обеспечивает не только прочность, но и требуемую морозостойкость дорожной одежды для Московской области.

Особое внимание уделено обеспечению сцепных качеств дорожного покрытия в период дождей. Дренажная система запроектирована на ливневые стоки с учетом специфики водосборных бассейнов в районе строительства, поперечных и продольных уклонов отдельных участков трассы. Сечение магистрального трубопровода из ж/б конструкций рассчитано на пиковое значение стока с учетом топографии, коэффициента шероховатости, потерь на

трение. Выделено 6 водосборных бассейнов с общей площадью 54,2 га. Продольный уклон магистрального трубопровода диаметром 600-1000 мм по возможности запроектирован с уклоном трассы. Для обеспечения поверхностного водоотвода с проезжей части, вдоль трассы предполагается установка U-образных водостоков из полимербетона.

Особое внимание уделено безопасности движения. Бровки всех относящихся к трассе конструкций обрамлены по всей длине противоскользящей краской для дорожных работ. Ширина маркировки составляет 15...25 см на расстоянии 5 см от края асфальтового покрытия (рис. 3).

Маркировка стартовой решетки принята по типовому проекту (рис. 4).



Рис. 3. Маркировка левой и правой бровки гоночной трассы, спрямления пути



Рис. 4. Маркировка стартовой решетки, линия старта

Окаймление края трассы на поворотах — въездах, внутри и на выезде запроектировано из сборных ж/б бордюров длиной 800...1000 мм, повторяющих форму продольных и поперечных уклонов трека.

Стоимость скоростной трассы 215 млн дол., стоимость всего проекта — 536 млн дол. Расчетный срок окупаемости 5...7 лет.

©Алексиков С.В., Алексиков С.С., 2008

Поступила в редакцию в ноябре 2008 г.

УДК 656.11(470.45)

В.М. Девятков**ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ АВАРИЙНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА УЧАСТКАХ КОНЦЕНТРАЦИИ ДТП**

Приведен статистический анализ работы автомобильного транспорта в 26 административных районах Волгоградской области. По результатам исследования аварийности дорожного движения было получено уравнение множественной регрессии, показывающее степень влияния на уровень аварийности различных факторов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: аварийность дорожного движения, снижение; автомобильный транспорт, аварийность.

In this article presented the statistical analysis of work of motor transport in 26 administrative areas of the Volgograd area. By results of accident rate researches of traffic received the equation of plural regress showing degree of influence on level of various factors accident rate.

К е y w o r d s: traffic accident rate, decrease; automobile transport, accident rate.

Повышение безопасности дорожного движения является приоритетным направлением повышения эффективности работы транспортного комплекса РФ [1]. Реализация Федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2006—2012 годах» направлена на снижение уровня смертности и травматизма населения от ДТП и обеспечения роста безопасности и благополучия граждан России. Результатом программы должно стать сокращение к 2012 г. количества лиц, погибших в результате ДТП, в 1,5 раза по сравнению с аналогичным показателем в 2004 г. Социально-экономический эффект от реализации Программы составит 626 059,2 млн р., а бюджетный эффект — 85 079,5 млн р.

Вместе с тем ситуация на дорогах Волгоградской области остается достаточно сложной (рис. 1). В 2006 г. в 3112 ДТП погибло 482 и травмировано 3801 чел. По уровню снижения аварийности Волгоградская область заняла второе место в ЮФО после Калмыкии. Рост аварийности отмечается в Кумылженском, Еланском, Николаевском, Котельниковском и Руднянском районах.

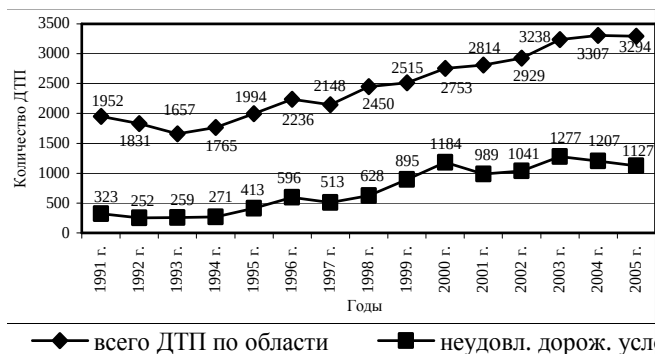


Рис. 1. Изменение количества ДТП на сети автомобильных дорог общего пользования Волгоградской области за 1991—2005 гг.

Следует отметить, что аварийность на дорогах области с сопутствующими дорожными условиями выше, чем в среднем в России и в Южном федеральном округе. Так, если в среднем по РФ по причине плохих дорог случается 23,1 % ДТП, а по

ЮФО — 21,2, то в Волгоградской области этот показатель достигает 33,5 %. Таким образом, фактически треть областных дорог не отвечает условиям безопасности дорожного движения — обоснование мероприятий по повышению транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог является актуальным.

Как показал статистический анализ работы автомобильного транспорта в 26 административных районах области, количество ДТП на сети автомобильных дорог напрямую зависит от плотности дорожной сети, грузооборота и пассажирооборота.

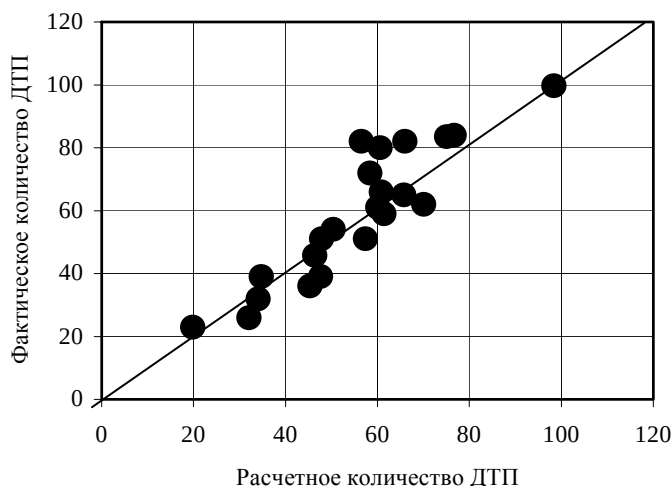


Рис. 2. Оценка точности расчета числа ДТП

Указанная зависимость имеет вид

$$N_{\text{ДТП}} = 0,0343 \cdot P^{0,1896} \cdot G^{0,4090} \cdot Q^{0,2934}, \quad (1)$$

где $N_{\text{ДТП}}$ — количество ДТП; P — плотность дорожной сети района, км/1000 км²; G — грузооборот в районе тыс. т/км; Q — пассажирооборот в районе тыс. пас./км).

Коэффициент множественной регрессии равен 0,74 (рис. 2). Анализ зависимости (1) позволяет сделать заключение, что при существующем состоянии дорожной сети административных районов количество ДТП в наибольшей степени зависит от грузооборота (коэффициент весомости 0,4090), менее значимыми являются пассажирооборот (коэффициент весомости 0,2934) и плотность дорожной сети (коэффициент весомости 0,1896). При существующем финансировании ремонта и содержания дорожной сети даже незначительное увеличение грузо- и пассажирооборота в районах области приведет к увеличению общего количества ДТП [3].

При дефиците финансирования дорожной отрасли области целесообразно проводить политику концентрации финансовых и материальных средств на аварийно-опасных участках дорожной сети Волгоградской области. Такой подход позволит более эффективно использовать имеющиеся в отрасли ресурсы на реализацию областной программы «Обеспечение безопасности дорожного движения на территории Волгоградской области».

Исследование аварийности дорожного движения на дорогах области позволило выделить 25 участков концентрации ДТП. Анализ аварийности показал, что на столкновения транспортных средств приходится до 32 %, на опрокидывание — 34, на наезд на пешеходов — 20 (рис. 3).

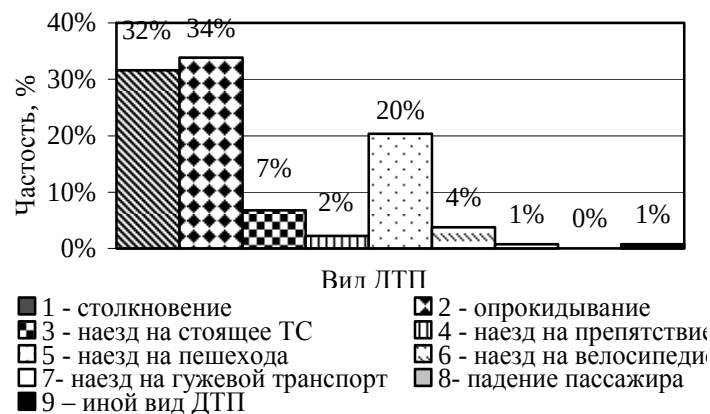


Рис. 3. Анализ аварийности по видам ДТП на участках концентрации ДТП на дорогах Волгоградской области

Комплексное влияние дорожных условий на уровень аварийности описывается уравнением множественной регрессии:

$$Z = 2935,18 \cdot N^{-0,9819} \cdot \varphi^{0,4512} \cdot P^{0,4806} \cdot R^{-0,0707} \cdot L^{-0,0329} \cdot S^{0,1015}, \quad (2)$$

где Z — коэффициент относительной аварийности; N — интенсивность движения на участке авт./сут.; φ — коэффициент сцепления; P — ширина проезжей части, м; R — радиус горизонтальной кривой, м; L — расстояние видимости, м, %; S — ровность покрытия, оцениваемая по показаниям толчкомера, см/км.

Анализ зависимости (2) показывает, что наибольшее влияние на аварийность оказывает интенсивность движения (коэффициент весомости 0,9819). Из дорожных условий в наибольшей степени на уровень аварийности оказывают влияние: коэффициент сцепления (коэффициент весомости 0,4512) и ширина проезжей части (коэффициент весомости 0,4806).

Значения коэффициентов весомости определяют стратегию принимаемых решений, а математическая модель (2) позволяет моделировать реакцию показателя относительной аварийности Z на инженерные мероприятия по повышению безопасности движения.

Предложенная модель (2) обоснования мероприятий по повышению безопасности дорожного движения на участках концентрации ДТП, основанная на статистике ДТП за последние 3-4 года и результатах диагностики дорог, позволяет разработать наиболее эффективные инженерные решения по снижению аварийности, объемы и последовательность выполнения работ по ремонту и содержанию дорожной сети.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Концепция федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2006— 2012 годах», утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 октября 2005 г. № 1707-р.
2. Методические рекомендации по назначению мероприятий для повышения безопасности движения на участках концентрации дорожно-транспортных происшествий. М. : Информавтодор, 2000. 82 с.
3. Хоздоговорная научно-исследовательская тема 549/03 «Разработка мероприятий по повышению безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах общего пользования Волгоградской области».

Поступила в редакцию в ноябре 2008 г.

© Девятков В.М., 2008

УДК 625.85.002.237

В.П. Матюа, Д.В. Чирва

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ
С ЦЕЛЬЮ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАКОПЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ
В СЛОЯХ ПОКРЫТИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ
ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Приведены данные по исследованию ползучести асфальтобетонов и обоснование их использования при прогнозировании накопления остаточных деформаций в слоях покрытий дорожных одежд в реальных условиях их эксплуатации применительно к разработанной механико-математической модели.

К л ю ч е в ы е с л о в а: асфальтобетон; дорожные одежды; ползучесть асфальтобетонов.

In clause data on research of creep asphalt concrete and a substantiation of their use are cited at prediction accumulation of residual deformation in layers of coverings surfacing in real conditions of their operation with reference to the developed mechanic-mathematical model.

К e y w o r d s: asphalt concrete; road pavement; asphalt concrete creeping.

Асфальтобетон, являясь упруго-вязко-пластичным телом, подвергается в эксплуатационных условиях дорожных покрытий воздействию различных факторов: транспортных нагрузок, нагрева, охлаждения, увлажнения и т.п. Между тем расчет асфальтобетонных покрытий выполняется только в упруго-вязкой постановке в отношении прочности от воздействия транспортных нагрузок. Возможность образования на поверхности покрытий сдвиговых деформаций в жаркое время или температурных трещин при охлаждении зимой при расчете практически не учитывается или учитывается только косвенно. В то же время влияние температурного воздействия на асфальтобетон не менее важно, чем динамическое воздействие от автомобильного транспорта.

Асфальтобетон при различных видах воздействий ведет себя как упругое, упруго-вязкое или пластическое тело. Наиболее полно описывает поведение асфальтобетона в напряженно-деформированном состоянии реология — наука о течении материалов.

Разными авторами (Максвелл, Кельвин, Шведов, Бингам и др.) предлагались различные механические модели и их описания. Как показали расчеты, математические уравнения этих моделей недостаточно полно описывают напряженно-деформированное состояние асфальтобетона. Ряд ученых пошли по пути объединения простейших механических моделей в одну более сложную с математическим описанием их работы.

Следует отметить прежде всего значительный вклад в решение данного вопроса профессоров А.М. Богуславского, А.П. Васильева, Л.Б. Гезенцева, И.В. Горелышева, В.Д. Казарновского, М.С. Коганзона, А.В. Руденского, А.В. Смирнова [1—7] и др. Однако до настоящего времени не получены решения на должном теоретическом уровне и не установлены закономерности процессов развития и накопления остаточных деформаций в элементах дорожных конструкций с учетом их реального пространственного нагружения и воздействия погодных-климатических факторов.

В связи с изложенным возникла необходимость разработки механико-математической модели, адекватно описывающей реальное строение и про-

пространственный характер нагружения анизотропной и многослойной дорожной конструкции и позволяющей учитывать:

инерционность подвижного состава и дорожной конструкции;

переменную во времени (в течение года и суток) интенсивность грузопотока, скорость движения транспортных средств и расположение движущихся автомобилей на проезжей части;

влияние переменных во времени температурно-влажностных факторов;

эффекты старения материалов, изменение характеристик и геометрических параметров дорожной конструкции вследствие ее неравномерного деформирования.

Подобная механико-математическая модель, позволяющая учитывать все перечисленные факторы, была разработана в Ростовском государственном строительном университете под руководством профессора В.П. Матуа [8]. В работе использован наиболее популярный при решении плоских и пространственных задач теории упругости и пластичности метод конечных элементов (МКЭ) в форме метода перемещений, позволяющий рассматривать области со сложной топологией при различных граничных условиях.

Алгоритмом программного комплекса предусмотрено использование базы данных, в которой хранятся сведения о реологических характеристиках дорожно-строительных материалов, в том числе асфальтобетонов различных типов. Также для адекватной работы программного комплекса и реализации разработанной механико-математической модели необходимы данные о накоплении остаточных деформаций в асфальтобетонных слоях дорожных конструкций. Одним из путей получения таких данных является проведение экспериментальных исследований ползучести асфальтобетонов различных типов и марок.

Теория ползучести максимально приближает расчет конструкций к действительным условиям их работы, устанавливающим зависимость между деформациями и напряжениями с учетом фактора времени. Введение координаты времени в расчеты сооружений само по себе не является новым, поскольку время всегда участвовало в задачах динамики сооружений, где учитывались силы инерции, пропорциональные ускорениям масс, и часто силы внутреннего трения, зависящие от скоростей деформации. В дальнейшем оказалось, что общие методы, разработанные в теории ползучести, без особого труда могут быть распространены и на «быстрые» процессы, и таким образом динамика сооружений оказывается в известном смысле частным случаем общей теории ползучести, поскольку она оперирует дифференциальными соотношениями между деформациями и усилиями, внешне совершенно аналогичными дифференциальным соотношениям теории ползучести. Стоит добавить, что теория упругости и теория пластичности также могут считаться частными и предельными случаями теории ползучести, в которых время может быть исключено из уравнений решаемых задач.

Проведение исследований ползучести асфальтобетона может стать одним из путей решения проблемы адекватного описания работы асфальтобетона в дорожном покрытии. Сама по себе ползучесть может дать только данные о накоплении полных деформаций, т.е. сумму из двух деформаций: обратимых (упругих) и необратимых (пластических). Фактически же для адекватной работы программного комплекса необходимо иметь данные не только по полным деформациям, но и по накоплению остаточных (необратимых) деформаций в

асфальтобетонных слоях дорожных конструкций. Подобного рода данные можно получить путем проведения испытаний с попеременным нагружением — разгрузением асфальтобетонных образцов. В результате проведения таких испытаний может быть получена характерная кривая циклической деформации образцов, когда деформация нарастает после приложения нагрузки и спадает после снятия напряжения.

В теоретическом плане такие испытания наиболее, хотя и не в полной мере, приближены к реальным условиям эксплуатации асфальтобетона, однако большая трудоемкость таких экспериментов помешала их широкому распространению. Путем решения данного вопроса видится установление для каждого типа асфальтобетона зависимости скорости накопления остаточных деформаций по отношению к скорости накопления полных деформаций, основываясь на теоретическом предположении о том, что общая величина остаточной деформации в заданном интервале времени не зависит от суммарного количества приложения нагрузки.

В целях исследования влияния ползучести асфальтобетона на величину накопления остаточных деформаций в слоях покрытий дорожных одежд разработано и изготовлено приборное обеспечение, позволяющее исследовать ползучесть асфальтобетонов различных типов.

На рис. 1 приведена конструкция прибора для определения ползучести асфальтобетонов (на конструкцию прибора получен патент № 59250).



Рис. 1. Прибор для определения ползучести асфальтобетона

С целью изучения возможных вариантов обоснованного назначения геометрических параметров исследуемых лабораторных образцов был выполнен ряд численных экспериментов по анализу НДС не только в области «активного» действия расчетной нагрузки, но и за ее пределами.

При анализе НДС асфальтобетонных образцов нагрузка прикладывалась через штамп диаметром 101 мм при расчетной нагрузке ($p = 0,6$ МПа). В ходе эксперимента установлено, что наиболее характерными и опасными являются тангенциальные напряжения T_{xy} , возникающие в плоскости действия прикладываемой нагрузки, фактические значения которых на границе исследуемой области при диаметре 101 мм достигают недопустимых по своим абсолютным значениям величин ($T_{xy} = 0,16$ МПа).

Исходя из вышеизложенного, был сделан вывод о необходимости учета сил бокового обжатия. С целью решения данной задачи в качестве обжимающего материала было принято решение использовать специальную вакуумную резину с известными физико-механическими и реологическими показателями (модуль упругости, показатель твердости по Шору и т.д.). Вокруг асфальтобетонного образца резина фиксировалась специальными стальными полукольцами, стянутыми стальными хомутами.

В реальных условиях эксплуатации автомобильной дороги на ограниченный участок асфальтобетонного покрытия, при наезде на него автомобильного транспорта, действует боковое давление, равное 0,25...0,35 МПа. Следовательно, на асфальтобетонный образец в обойме необходимо оказывать аналогичное давление. Создавалось такое давление с помощью стягивания хомутов, фиксирующих стальную обойму вокруг образца, тем самым вакуумная резина (для которой ранее определялась зависимость изменения толщины и создаваемого давления при помощи разработанного емкостного датчика) сжималась и обеспечивала равномерно распределенное боковое давление по всей поверхности образца.

Величина остаточных деформаций асфальтобетонных образцов определялась при различной статической нагрузке, передаваемой на образец через металлический штамп, в широком диапазоне варьирования удельной нагрузки (0,25, 0,5 и 0,6 МПа).

Варьировалась и температура асфальтобетонных образцов (20, 35 и 50 °С).

Испытания проводились на образцах горячего плотного мелкозернистого асфальтобетона типов А, Б, В, а также щебеночно-мастичных асфальтобетонов (ЩМА).

В качестве примера на рис. 2—7 приведены графики отношения остаточных деформаций к полным деформациям ползучести для асфальтобетона типа Б I марки и щебеночно-мастичного асфальтобетона ЩМА-15.

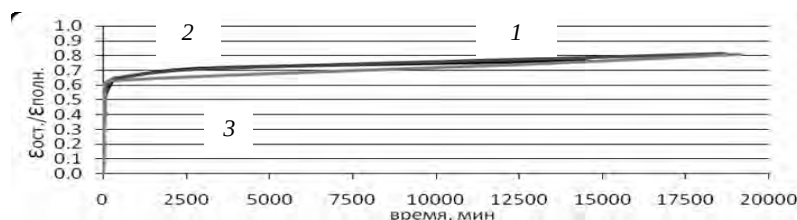


Рис. 2. График отношения остаточных деформаций ползучести к полным деформациям асфальтобетонных образцов типа Б I марки при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и удельных нагрузках 0,63 (1), 0,5 (2) и 0,25 (3) МПа

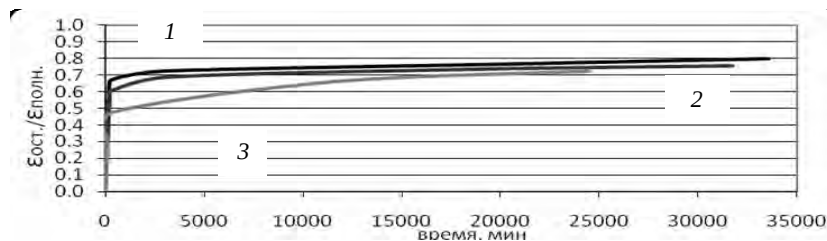


Рис. 3. График отношения остаточных деформаций ползучести к полным деформациям асфальтобетонных образцов типа Б I марки при $t = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ и удельных нагрузках 0,63 (1), 0,5 (2) и 0,25 (3) МПа

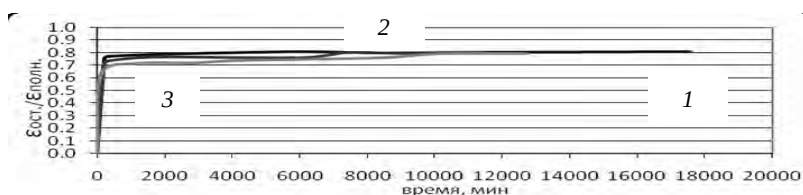


Рис. 4. График отношения остаточных деформаций ползучести к полным деформациям асфальтобетонных образцов типа Б I марки при $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и удельных нагрузках 0,63 (1), 0,5 (2) и 0,25 (3) МПа

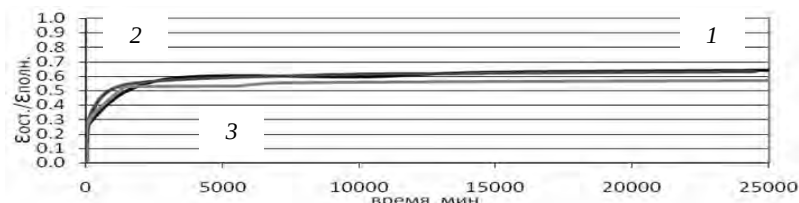


Рис. 5. График отношения остаточных деформаций ползучести к полным деформациям образцов щебеночно-мастичного асфальтобетона при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и удельных нагрузках 0,63 (1), 0,5 (2) и 0,25 (3) МПа

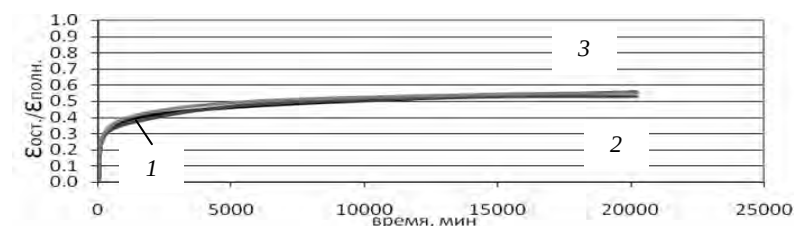


Рис. 6. График отношения остаточных деформаций ползучести к полным деформациям образцов щебеночно-мастичного асфальтобетона при $t = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ и удельных нагрузках 0,63 (1), 0,5 (2) и 0,25 (3) МПа

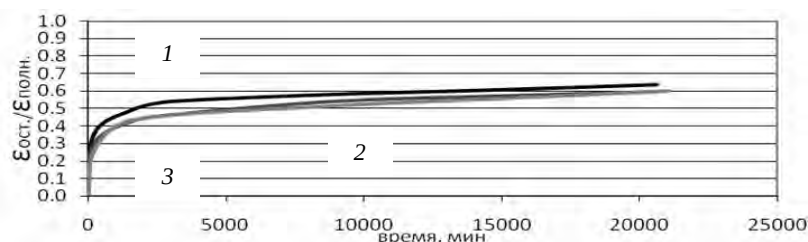


Рис. 7. График отношения остаточных деформаций ползучести к полным деформациям образцов щебеночно-мастичного асфальтобетона при $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и удельных нагрузках 0,63 (1), 0,5 (2) и 0,25 (3) МПа

Выводы. 1. Доля остаточных деформаций в составе полных деформаций в асфальтобетоне зависит только от его типа и не зависит от температуры и величины прикладываемой нагрузки, в то время как величина полных деформаций находится в прямой зависимости от действующей нагрузки и температуры.

2. Для асфальтобетонов типа Б остаточные деформации составляют 70...80 % от полных, а для щебеночно-мастичного асфальтобетона от 45 до 60 % не зависимо от температуры и величины нагрузки. Данный результат

объясняется наличием у таких типов асфальтобетона, как ЩМА, каркасной структуры, препятствующей накоплению остаточных деформаций и обладающей более упругими свойствами.

Также следует обратить внимание на характер кривых. На всех приведенных графиках для асфальтобетона типа Б (рис. 2—4) наблюдается резкий скачок остаточных деформаций уже в начальный промежуток времени от момента приложения нагрузки, в то время как у щебеночно-мастичного асфальтобетона кривая имеет более плавный характер, что также объясняется наличием у него щебеночного каркаса. В каркасной структуре при приложении нагрузки происходит равномерное перераспределение отдельных щебенков, что приводит к увеличению количества контактов, снижению удельной нагрузки на каждый контакт и кривая деформации постепенно переходит в стадию установившейся ползучести. В то же время в асфальтобетонах типа Б нагрузку воспринимает на себя в большей степени не каркас, а асфальтовое вяжущее, не способное ей сопротивляться в полной мере, что и приводит к резкому скачку деформаций. Подобная картина наблюдается и в реальных условиях эксплуатации автомобильных дорог, когда на покрытиях с асфальтобетоном типа Б происходит ускоренное колееобразование уже в начальный этап их эксплуатации.

3. Полученные зависимости скорости и доли накопления остаточной деформации в составе полных деформаций позволят значительно повысить точность прогнозирования колееобразования на автомобильных дорогах с использованием разработанной механико-математической модели, что в свою очередь будет способствовать повышению надежности и долговечности вновь проектируемых и ремонтируемых автомобильных дорог.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богуславский А.М., Богуславский Л.А. Основы реологии асфальтобетона. М. : Высшая школа, 1972. 200 с.
2. Васильев А.П., Коганзон М.С., Яковлев Ю.М. Развитие методов расчета дорожных одежд нежесткого типа // Проблемы строительства и эксплуатации, автомобильных дорог : сб. науч. тр. МАДИ-ТУ. М., 1998. С. 16—19.
3. Дорожный асфальтобетон / Гезенцев Л.Б., Горелышев Н.В., Богуславский А.М., Королев И.В. М. : Транспорт, 1985. 350 с.
4. Казарновский В.Д. Проблема колееобразования на дорогах с асфальтобетонным покрытием // Наука и техника в дорожной отрасли. 2000. № 2. С. 3—4.
5. Коганзон М.С., Лугов С.В. Расчет и конструирование дорожных одежд по критерию допустимой остаточной деформации // Наука и техника в дорожной отрасли. 2004. № 3. С. 17—19.
6. Руденский А.В. Дорожные асфальтобетонные покрытия. М. : Транспорт, 1992. 253 с.
7. Смирнов А.В., Малышев А.А., Агалаков Ю.А. Механика устойчивости и разрушений дорожных конструкций. Омск : СИБАДИ, 1997. 91с.
8. Матуа В.П., Панасюк Л.Н. Прогнозирование и учет накопления остаточных деформаций в дорожных конструкциях. Ростов-на-Дону : РГСУ, 2001. 372 с.

© Матуа В.П., Чирва Д.В., 2008

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

УДК 625.712.14

С.В. Волченко

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАГРУЗКИ НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ

В результате обследования интенсивности движения на регулируемых пересечениях в городе Камышине выявлено, что они имеют высокие коэффициенты загрузки. Вследствие чего увеличивается аварийность и число сетевых заторов на улично-дорожной сети. Для снижения загруженности пересечений целесообразно предусматривать мероприятия по повышению пропускной способности пересечения. Предложена номограмма для определения характера необходимых планировочных или организационных мероприятий на регулируемых пересечениях.

К л ю ч е в ы е с л о в а: регулируемые пересечения; перекрестки; транспортные потоки.

As a result of the inspection of traffic intensity on the regulable road crossing in the city of Kamishin, it is revealed that they have high load factor. Consequently accident rate and the number of network jamming have increased on street and road network. To reduce traffic intensity on the road crossing it is necessary to provide actions for traffic capacity of the road crossing. Nomogram is offered for determination of character of necessary actions on the regulable road crossing.

К e y w o r d s: controlled intersections; intersection; traffic flows.

Эффективность работы улично-дорожной сети (УДС) в значительной степени определяется работой магистральных дорог. В Америке для оценки движения транспортных потоков было предложено использовать простую характеристику, не требующую значительных вычислений — коэффициент обслуживания (Level of Service, или LOS). Сейчас этот показатель включен в нормативные документы США [1]. В России коэффициент обслуживания называют уровнем удобства. Эти показатели определяется в зависимости от коэффициента загрузки [1].

$$z = \frac{N}{P}, \quad (1)$$

где N — интенсивность движения транспорта, прив. ед.; P — пропускная способность обслуживающего транспортного сооружения, прив. ед.

Для оценки работы УДС определяют коэффициент загрузки для перегонов и перекрестков. Выявление наиболее загруженных мест следует начинать с регулируемых перекрестков, поскольку наличие на перекрестке светофорного объекта, снижает количество дорожно-транспортных происшествий, но значительно увеличивает уровень загрузки перекрестка. Для этого пропускная способность пересечения должна быть меньше суммарной интенсивности движения на пересечении. Сдерживать интенсивность движения в условиях роста автомобилизации практически не возможно. Поэтому целесообразно предусматривать мероприятия по повышению пропускной способности пересечения, такие как корректировка светофорного цикла, уширение проезжей части, улучшение схемы организации движения.

Летом 2008 г. в Камышине было проведено обследование регулируемых пересечений улично-дорожной сети города. Оба пересечения находятся на улице Пролетарской — единственной улице, которая связывает через мост старый и новый город. Проблемный пропуск транспортных средств через

данные пересечения вызывает пробки и сетевые заторы, особенно в утренние и вечерние часы пик.

Собранные данные об интенсивности и схемах организации движения на пересечениях Пролетарская — Базарова и Пролетарская — Серова (рис. 1) позволили определить их коэффициенты загрузки, которые оказались очень высокими 1,33 и 1,32 соответственно. Такие значения коэффициентов свидетельствуют о плотно насыщенном транспортном потоке в зоне пересечений [2]. Для нормальной работы улично-дорожной сети коэффициент загрузки регулируемых пересечений должен находиться в пределах 0,8...0,9. Однако достичь такого коэффициента практически невозможно, поскольку светофорный объект почти в 2 раза снижает пропускную способность сети. Пересечение Пролетарская — Базарова на подходах имеет максимальный коэффициент загрузки 0,78 (средний коэффициент загрузки этого перекрестка без светофорного регулирования 0,55), что в 1,7 раза меньше существующего коэффициента загрузки.

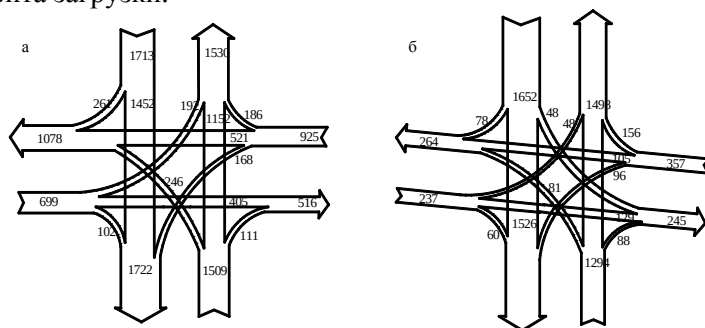


Рис. 1. Картограммы интенсивности движения на пересечениях улиц: а — Пролетарской и Базарова; б — Пролетарской и Серова

Для улучшения транспортной ситуации необходимо провести ряд мероприятий по повышению пропускной способности (табл.). Наиболее простым и дешевым способом снижения коэффициента загрузки является корректировка светофорного цикла. Подобные мероприятия по организации дорожного движения нормализуют транспортную обстановку на мало загруженных перекрестках. Что же касается центральных напряженных перекрестков, то ситуация на них меняется незначительно. Введение расчетного светофорного цикла на пересечениях улицы Пролетарской с Базарова и Серова позволит снизить коэффициент загрузки до 1,28 и 1,25 соответственно (табл.), однако это не решит проблем пробок и заторов. Дальнейшее планомерное увеличение светофорного цикла также незначительно снижает коэффициент загрузки, но значительно увеличивает транспортные задержки (рис. 2).

Уширение проезжей части целесообразно предусматривать с целью перераспределения наиболее интенсивного потока на дополнительную полосу движения на подходах к перекрестку. Для устройства специализированных полос для правых или левых потоков достаточно уширить проезжую часть на одну полосу справа на обоих подходах к главной улице (рис. 3, б).

При интенсивном прямом движении по главной улице 800...900 прив.авт./ч на одну полосу, как показал расчет коэффициента загрузки обследуемых пересечений (табл.), необходимо уширение проезжей части главной улицы справа

и слева (рис. 3, в). В случае если интенсивность на одну полосу превышает 900 прив.авт./ч, уширение проезжей части не создаст условия для поддержания коэффициента загрузки в допустимых пределах. Радикальным решением проблемы снижения транспортной напряженности на сильно загруженных пересечениях является устройство пересечения в разных уровнях. Строительство 2-уровневых развязок требует больших капиталовложений и поэтому может быть оправданно только при определенных условиях [3]. Необходимо уже на стадии проектирования предусматривать резервирование площадей под строительство дополнительных полос движения или устройства уширения в зоне пересечений.

*Коэффициент загрузки регулируемых пересечений
при проведении различных мероприятий, с/% снижения*

Коэффициент загрузки	Мероприятия				
	Отсутствуют	Корректировка светофорного цикла	Корректировка светофорного цикла, уширение проезжей части главной улицы на 1 полосу справа		Корректировка светофорного цикла, уширение проезжей главной улицы на 2 полосы (по одной справа и слева)
			Специализированная полоса		
			для правого потока	для левого потока	
Пересечение Пролетарская — Базарова	1,33/0	1,28/4	1,18/11	1,21/9	0,97/27
Пересечение Пролетарская — Серова	1,32/0	1,25/5	1,19/10	1,20/9	0,88//33

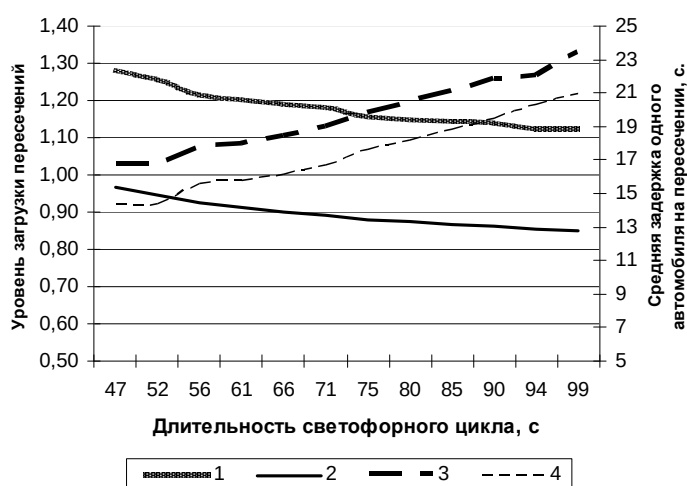


Рис. 2. Зависимость коэффициента загрузки пересечения и средней задержки одного автомобиля от длительности светофорного цикла для пересечения улиц Пролетарская — Базарова: 1 — коэффициент загрузки пересечения до уширения проезжей части главной улицы на 2 полосы; 2 — коэффициент загрузки пересечения после уширения проезжей части главной улицы на 2 полосы; 3 — средняя задержка одного автомобиля до уширения проезжей части главной улицы на 2 полосы; 4 — средняя задержка одного автомобиля после уширения проезжей части главной улицы на 2 полосы

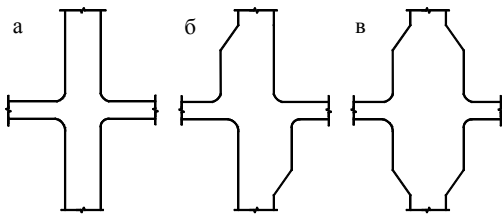


Рис. 3. Схема уширения проезжей части на подходах к перекрестку: а — первоначальная схема пересечения; б — уширение проезжей части на 1 полосу справа; в — уширение проезжей части на 2 полосы (по одной справа и слева)

Существующие методики обоснования проектных решений по повышению пропускной способности рассматривают только области применения светофоров с жестким и частичным авторегулированием.

Расчет коэффициента загрузки был выполнен для пересечений двух улиц с 2 полосами движения в каждом направлении по главной и второстепенной дороге. В результате была получена номограмма, позволяющая определить необходимые мероприятия на пересечении, обеспечивающие нормальную работу как отдельного перекрестка, так и всей УДС в целом (рис. 4). Зная длительность основного такта в каждой фазе и суммарную интенсивность движения на пересечении по номограмме (рис. 4), можно назначить мероприятия по повышению пропускной способности регулируемого пересечения. Например, при длительности основного такта в 1-й фазе 37 с., во 2-й фазе 25 с и суммарной интенсивности движения 2950 прив. авт./ч мероприятия по повышению пропускной способности не требуются.

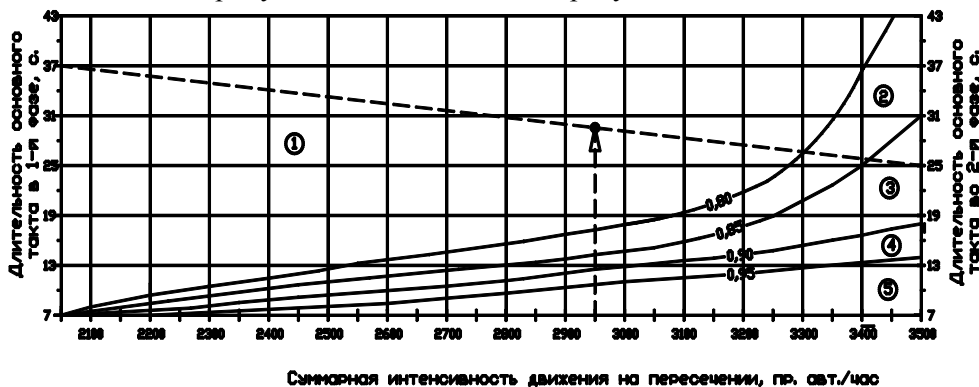


Рис. 4. Номограмма определения необходимых мероприятий по повышению пропускной способности на регулируемых пересечениях с 2 полосами в одном направлении по главной и второстепенной дороге: 1 — мероприятия не требуются; 2 — корректировка светофорного цикла, введение специализированных полос; 3 — уширение проезжей части главной дороги на одну полосу справа + введение специализированных полос; 4 — уширение проезжей части главной дороги на 2 полосы (по одной справа и слева); 5 — двухуровневая развязка

Предложенная номограмма позволит существенно облегчить принятие проектных решений по модернизации регулируемых пересечений городских дорог.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. transport.istu.edu/downloads/books/b1/ch3.pdf.ru.
2. HCM 2000 — руководство по пропускной способности Highway Capacity Manual (США).

© Волченко С.В., 2008

Поступила в редакцию в ноябре 2008 г.

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 691.327(470.45):666.964.3

В.С. Боровик, А.С. Седова

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ХОЛОДНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОГУП «ВОЛГОГРАДАВТОДОР»

Рассмотрены организационные аспекты внедрения холодного асфальтобетона на предприятиях дорожного комплекса. Определено влияние персонала организации на процесс внедрения прогрессивной технологии в строительство. Посредством регрессионно-корреляционного анализа установлено, что наибольшее влияние на внедрение технологии холодного асфальтобетона оказывает инженерно-технический персонал.

К л ю ч е в ы е с л о в а: асфальтобетон холодный, технология покрытий; нововведения; прогрессивные технологии, внедрение.

In the given article we examine the common aspects of cold asphalt-concrete penetration engineering into the traffic industry plants. We have investigated the plant staff influence on the whole procedure of modern technology penetration into building process. By means of regress-correlation analysis we have investigated that the engineering staff is said to be the great influence on cold asphalt-concrete penetration engineering.

K e y w o r d s: cold asphalt concrete, pavement technology; innovations; advanced technologies, implementation.

Процесс внедрения прогрессивной технологии, в частности устройства покрытия из холодного асфальтобетона, как и любой инновационный процесс, всегда влечет за собой изменения. Понятие «изменение» подразумевает, что между двумя последовательными моментами времени имеются заметные различия в ситуации, человеке, персонале, организации и пр. Также под изменением можно понимать процесс смены одного состояния другим. Чем значительнее предстоящие организации изменения, тем сильнее заявляют о себе психологические охранительные механизмы многих ее сотрудников. Эти механизмы запускают процесс, противоположный изменению, — сопротивление.

Сопротивление персонала внедрению прогрессивных технологий — это любое поведение члена организации, направленное на срыв и дискредитацию осуществляемых преобразований. Нововведение дифференцирует структуру реципиента нововведений и формирует две подсистемы: потенциального сторонника и агента сопротивления новшеству. Данный феномен является прямым следствием фактора неопределенности, заключающегося в новшестве и воспринимаемого определенной частью персонала как угроза их стабильному положению в рамках существующей производственной системы.

Рассмотрим процесс внедрения дорожно-строительными организациями Волгоградской области технологии покрытия из холодного асфальтобетона.

Одним из путей снижения энергозатрат в дорожном строительстве является применение холодных асфальтобетонов для ремонта дорожных покрытий. Холодные асфальтобетоны можно готовить на одной базе и перевозить на большие расстояния без риска потери или изменения их потребительских свойств. Ремонтный сезон продлевается до температуры -20°C , при этом обеспечиваются высокая мобильность и оперативность ремонтных работ. Сокращается энерго- и механовооруженность ремонтных бригад.

В странах СНГ холодные асфальтобетоны практически не применялись с 1950-х гг. Утерян опыт работы с ними. Практически отсутствуют требования к материалу и технологии его приготовления. В странах Европейского союза, в США, Канаде в последние годы появились высокотехнологичные и качественные холодные асфальтобетоны.

Возрастающие требования к безопасности дорожного движения могут быть обеспечены созданием ремонтных материалов для дорожных покрытий. Альтернативы холодному асфальтобетону для ремонта дорожных покрытий при отрицательных температурах в настоящее время в мировой практике нет, а актуальность применения подобных материалов возросла.

Классический холодный асфальтобетон является разновидностью асфальтобетона, приготавливаемого в горячем состоянии, но укладываемого в холодном виде (при температуре не ниже 50°C). В СССР подобные асфальтобетоны начали применять в 1950-х гг. Для их приготовления использовали средне- и медленногустеющие битумы марок СГ 70/130 или МГ 70/130 по ГОСТ 1195582. Получали подобные битумы в основном путем разжижения вязких битумов дизельным топливом, керосином или маслами. Для предотвращения слеживания готовой смеси содержание битума было на 20 % меньше оптимального, а для повышения прочности готовой смеси вводили повышенное количество минерального порошка (на 15...20 % больше оптимального).

Все это в результате позволяло получать смеси, способные храниться до 6 мес. в штабелях высотой не более 1,5 м. Холодная смесь укладывалась в покрытие и формировалась (уплотнялась) движущимся транспортом в течение 1...1,5 мес. Низкая плотность подобных бетонов и малый расход битума приводили к недостаточной долговечности и разрушению, особенно в зонах избыточного увлажнения, а возрастающие нагрузки и интенсивность движения при высоких температурах — к появлению пластических деформаций. Применение холодных смесей в осенне-зимний период ограничивалось температурой ниже 5°C . Все это привело практически к отказу от холодного асфальтобетона в 1970-х гг.

Ускорить сроки формирования холодного асфальтобетона и повысить его качество можно путем замены медленногустеющих битумов быстрогустеющими. Впервые холодный асфальтобетон на быстрогустеющих битумах был получен в США. В качестве разжижителя битума был использован газолин в количестве 0,2...1,5 % от общей массы смеси. Расход битума составлял 4,5...7 %. Минеральный материал содержал 0,5...1 % гашеной извести. Смесь формировалась в течение нескольких суток. В то же время подобные асфальтобетоны также не нашли широкого распространения ввиду небольшого срока их хранения в штабеле, поскольку растворитель быстро испарялся и асфальтобетон терял технологическую подвижность.

Данная проблема довольно оригинальным способом была решена в 90-е гг. Холодная асфальтобетонная смесь на легколетучих растворителях затаривалась

в полиэтиленовые либо бумажные мешки. Это давало возможность длительного хранения смеси и упрощало доставку к потребителю. Недостатком смесей на быстрогустеющих битумах является применение дорогих растворителей, которые теряются безвозвратно при испарении. Необходимо применять битумы, которые при небольшой потере растворителей приобретают достаточную когезию. Однако до сих пор в мировой практике данная проблема не решена.

В настоящее время стали применять холодные асфальтобетоны на битумных эмульсиях.

Наибольшее распространение такие бетоны нашли во Франции, Германии, Польше. Так, французские фирмы «Скрэг» и «Колас» для приготовления холодных асфальтобетонных смесей используют эмульсии катионного типа. Для повышения качества бетона эмульсии готовят на разжиженном легкими растворителями битуме, кроме того, в состав эмульсии входят 2...3 % латекса натурального каучука. С целью повышения срока хранения готовая смесь также затаривается в полиэтиленовые мешки. Запатентована холодная смесь на битумных эмульсиях анионного или катионного типа, содержащая минеральный заполнитель крупностью 0...14 мм непрерывной гранулометрии, синтетические волокна (0,05...0,5 %) и добавки, регулирующие сроки формирования (цемент или водные растворы катионных ПАВ). В Польше для снижения температуры замерзания воды в состав эмульсии вводят хлористый кальций. В результате эмульсионная смесь используется и для зимнего ямочного ремонта. В Германии выпуском холодного асфальтобетона занимается фирма «Romex». Фирма разработала эмульсию под названием Repasphalt-konzentrat. Для приготовления асфальтобетонной смеси используются минеральные материалы прерывистой гранулометрии следующего состава: щебень фракции 2...5 мм — 65 %; дробленый песок фракции 0,2...2 мм — 24 %; тонкодисперсный наполнитель.

Несмотря на широкое применение холодных асфальтобетонов на битумных эмульсиях в ряде стран с теплым климатом, к их применению в условиях России, особенно для ведения осенне-зимних ремонтов, следует относиться с осторожностью. Холодный асфальтобетон на битумных эмульсиях может сформироваться только после испарения воды, поскольку при ямочном ремонте другого пути отвода нет. Замерзшая вода будет разрушать структуру асфальтобетона, в результате его долговечность, несмотря на высокую стоимость, может оказаться низкой.

Опыт применения холодных асфальтобетонных смесей для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий на автодорогах страны показал, что холодный асфальтобетон обладает требуемой удобоукладываемостью, хорошей водостойкостью и сдвигоустойчивостью при соблюдении условий его применения. Условиями, ограничивающими использование холодных асфальтобетонных смесей для ремонта дорожных покрытий, являются толщина слоя укладки и размеры мест повреждений в плане. Максимальная толщина слоев укладки не должна превышать 60 мм, карты укладки не рекомендуется устраивать размером в плане более 3 м². Оптимальным вариантом является использование холодного асфальтобетона для оперативного ремонта покрытий на начальной стадии разрушения при отрицательных температурах окружающего воздуха.

Применение холодного асфальтобетона при оперативном ремонте покрытий позволяет существенно снизить затраты на проведение ремонтных

работ в наиболее неблагоприятные периоды года, уменьшить объемы разрушений на покрытиях и повысить безопасность дорожного движения.

Исследования внедрения технологии холодного асфальтобетона подразделениями ОГУП «Волгоградавтодор» показали, что для освоения данной технологии потребуется дополнительное рабочее время. Данные значения времени представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Необходимое дополнительное время для внедрения технологии холодного асфальтобетона подразделениями ОГУП «Волгоградавтодор»

№	Дорожно-строительное подразделение ОГУП «Волгоградавтодор»	Время внедрения холодного асфальтобетона
1	ДСУ-1	2
2	ДСУ-2	3
3	ДСУ-3	3
4	ДСУ-5	3
5	ДСУ-6	2
6	Быковское ДРСУ	2
7	Дубовское ДРСУ	4
8	Еланское ДРСУ	6
9	Жирновское ДРСУ	3
10	Иловлинское ДРСУ	3
11	Калачевское ДРСУ	3
12	Клетское ДРСУ	5
13	Котельниковское ДРСУ	3
14	Ленинское ДРСУ	2
15	Нехаевское ДРСУ	5
16	Октябрьское ДРСУ	3
17	Ольховское ДРСУ	4
18	Палласовское ДРСУ	4
19	Руднянское ДРСУ	5
20	Серафимовичское ДРСУ	2
21	Старополтавское ДРСУ	6
22	Суровикинское ДРСУ	6
23	Урюпинское ДРСУ	2
24	Фроловское ДРСУ	6
25	Чернышковское ДРСУ	3
26	Новониколаевский ДРСУ	5
27	Среднеахтубинский ДРСУ	4

В целях оценки влияния персонала дорожно-строительных подразделений ОГУП «Волгоградавтодор» на внедрение холодного асфальтобетона выбрана производственная функция, т.к. ее анализ позволяет установить меру взаимосвязи показателей и получить характеристики эффективности использования.

Многолетний опыт использования трудовых ресурсов в дорожно-строительном производстве свидетельствует о том, что на результаты работы оказывают влияние не только количественные характеристики ресурсов, но и качественные, т.е. интенсивность их применения. К настоящему времени наиболее эффективным экономическим аппаратом, учитывающим количественные и качественные характеристики ресурсов, является степенная произ-

водственная функция. Основными преимуществами этой функции являются более точное отражение зависимостей между исследуемыми параметрами, чем у линейной производственной функции, и возможность непосредственного получения вклада исследуемого фактора.

Нами была использована функция вида

$$y = C_0 x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2},$$

где y — время, необходимое на освоение прогрессивной технологии устройства покрытия из холодного асфальтобетона (раб. дн.); x_1 — численность работников подразделения; x_2 — численность инженерно-технического персонала подразделения; C_0 — коэффициент нейтральной эффективности, в совокупной форме учитывающий влияние факторов, не нашедших отражение в модели; α_1, α_2 — показатель интенсивности использования соответствующего ресурса.

Среднесписочная численность работников и инженерно-технического персонала подразделения, необходимые для расчета производственной функции, приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Среднесписочная численность работников и инженерно-технического персонала подразделений ОГУП «Волгоградавтодор»

№	Дорожно-строительное подразделение ОГУП «Волгоградавтодор»	Среднесписочная численность подразделения	Среднесписочная численность ИТР подразделения
1	ДСУ-1	190	37
2	ДСУ-2	259	56
3	ДСУ-3	244	45
4	ДСУ-5	236	53
5	ДСУ-6	167	30
6	Быковское ДРСУ	171	32
7	Дубовское ДРСУ	149	25
8	Еланское ДРСУ	70	14
9	Жирновское ДРСУ	88	19
10	Иловлинское ДРСУ	82	17
11	Калачевское ДРСУ	92	25
12	Клетское ДРСУ	89	18
13	Котельниковское ДРСУ	80	24
14	Ленинское ДРСУ	116	22
15	Нехаевское ДРСУ	108	24
16	Октябрьское ДРСУ	92	24
17	Ольховское ДРСУ	75	16
18	Палласовское ДРСУ	138	34
19	Руднянское ДРСУ	80	20
20	Серафимовичское ДРСУ	113	23
21	Старополтавское ДРСУ	78	16
22	Суровикинское ДРСУ	73	16
23	Урюпинское ДРСУ	166	35
24	Фроловское ДРСУ	103	25
25	Чернышковское ДРСУ	77	17
26	Новониколаевский ДРСУ	70	40
27	Среднеахтубинский ДРСУ	96	18

На основании статистических данных о деятельности 27 дорожно-строительных подразделений ОГУП «Волгоградавтодор» были получены результаты, приведенные в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Результаты регрессионно-корреляционного анализа деятельности подразделений ОГУП «Волгоградавтодор»

Наименование подразделения	C_0	α_1	α_2
ДСУ-1	0,01	1,92	-0,75
ДСУ-2	44,03	-0,56	0,12
ДСУ-3	33,16	-0,59	0,08
ДСУ-5	0,01	1,66	-0,44
ДСУ-6	0,02	1,61	-0,37
Быковское ДРСУ	0,05	1,19	-0,14
Дубовское ДРСУ	0,44	0,58	-0,36
Еланское ДРСУ	390,88	-1,76	1,17
Жирновское ДРСУ	40,15	-0,74	0,33
Иловлинское ДРСУ	16,79	-0,38	0,04
Калачевское ДРСУ	10,17	-0,08	-0,25
Клетское ДРСУ	16,55	-0,23	-0,16
Котельниковское ДРСУ	12,37	-0,06	-0,35
Ленинское ДРСУ	16,07	-0,37	0,03
Нехаевское ДРСУ	19,1	-0,42	0,05
Октябрьское ДРСУ	16,51	-0,33	-0,03
Ольховское ДРСУ	17,14	-0,34	-0,02
Палласовское ДРСУ	19,25	-0,48	0,15
Руднянское ДРСУ	25,04	-0,61	0,25
Серафимовичское ДРСУ	24,52	-0,66	0,33
Старополтавское ДРСУ	23,25	-0,4	-0,02
Суровикинское ДРСУ	25,62	-0,32	-0,16
Урюпинское ДРСУ	28,15	-0,33	-0,19
Фроловское ДРСУ	37,11	-0,49	-0,02
Чернышковское ДРСУ	34,23	-0,52	0,04
Новониколаевское ДРСУ	3845,37	-0,61	0,14
Среднеахтубинское ДРСУ	38,7	-0,59	0,12

Результаты регрессионно-корреляционного анализа свидетельствуют о следующих обстоятельствах. 5 исследуемых подразделений: ДСУ-2, Еланское ДРСУ, Жирновское ДРСУ, Новониколаевский ДРСУ, Среднеахтубинский ДРСУ имеют значение коэффициента нейтральной эффективности C_0 на порядок выше, чем значения других предприятий, что говорит о нецелесообразности дальнейших расчетов с их показателями, так как велико влияние факторов, не учтенных в модели.

О силе и характере влияния показателей-факторов на освоение инновационной технологии можно судить по величине и знаку показателей степени в уравнении связи.

Более чем в 80 % случаев показатель степени α_1 является отрицательным, фактор общей численности работников подразделения связан с временем на освоение инновационной технологии обратной зависимостью. В ряде случаев, α_2 является положительным, то есть фактор использования инженерно-технического персонала находится в прямой зависимости.

Результаты проведенного регрессионно-корреляционного анализа показывают, что на внедрение инновационных технологий оказывают наибольшее влияние именно инженерно-технические работники. Для подтверждения данной гипотезы обратимся к исследованиям специалистов других областей знаний.

Как отмечалось ранее, любое внедрение технологий в организации влечет за собой изменение внешней и внутренней среды, появление факторов, непосредственно влияющих на персонал предприятия. Факторы окружающей среды, в том числе производственные и социально-гигиенические, могут быть не только непосредственной причиной тех или иных изменений функционального состояния организма, но и нервно-эмоциональными факторами в трудовой деятельности. Соответственно, если наибольшее влияние на процесс внедрения оказывают ИТР, то и факторы окружающей среды будут оказывать большее влияние на организм инженерно-технического работника, чем на организм рабочего.

Специалистами было проведено исследование по влиянию профессионально-производственных факторов на организм человека. Они проанализировали структуру здоровья в профессиональных группах на предприятии Подмосковья. Она оценивалась по результатам 3 обследований, проводившихся с интервалом в 4 года (1977, 1981, 1985). Число обследованных составило соответственно 1174, 2140 и 1570 человек. Прослеживалась общая тенденция к уменьшению количества лиц с удовлетворительной адаптацией (с 29,4 до 23,2 %) ,с неудовлетворительной адаптацией (с 26,1 до 21,2 %) и со срывом адаптации (с 9,7 до 6,2 %). Однако число лиц с функциональным напряжением росло. Выявленные особенности динамики структуры здоровья не случайны, что подтверждается более детальным анализом структуры здоровья в профессиональном аспекте. Среди рабочих количество лиц с удовлетворительной адаптацией уменьшилось на 4,8 %, с функциональными напряжениями выросло на 4,8 %. Количество лиц с неудовлетворительной адаптацией и со срывом адаптации почти не изменилось. Совсем иная картина наблюдалась в группе ИТР: количество людей с удовлетворительной адаптацией уменьшилось на 7,7 %, а людей с функциональными напряжениями возросло на 24,6 %. Более значительным, чем среди рабочих, было и изменение количества лиц с неудовлетворительной адаптацией и срывом адаптации — оно уменьшилось соответственно на 7,4 и 6,1 %. Приведенные данные показывают, что ведущую роль в различиях динамики структуры здоровья рабочих и служащих играют донозологические состояния. Именно увеличение их числа становилось главной чертой «популяции» ИТР в течение 8-летнего наблюдения. Этот период на предприятии, как и на большинстве предприятий страны, характеризовался техническим переоснащением цехов, внедрением новых технологий, освоением новых образцов выпускаемой продукции. ИТР как ведущее звено научно-технического прогресса, естественно, в первую очередь оказались объектом стрессорного влияния множества нервно-психических и эмоциональных факторов [3].

В ходе исследования установлено, что на внедрение прогрессивных технологий в наибольшей степени оказывает влияние инженерно-технический персонал. Чем значительнее предстоящие перед организациями изменения, тем сильнее заявляют о себе психологические механизмы персонала, препятствующие внедрению прогрессивных технологий в практику производства.

Поступила в редакцию в ноябре 2008 г.

© Боровик В.С., Седова А.С., 2008

УДК 69.658.62.018.012 СК

А.И. Чуб, А.А. Артамонов

МЕТОДИКА КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАБОТ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Дано обоснование актуальности исследуемой темы. Изложена динамика строительных работ в регионе, рассмотрены основные критерии эффективной деятельности предприятия, раскрыто понятие уровня качества труда, описаны современный анализ конкурентоспособности предприятия и метод использования экспертных оценок.

К л ю ч е в ы е с л о в а: качество работ в строительстве, оценка; конкурентный потенциал, оценка; труд, качество.

The urgency of the topic under analysis is justified in the paper. The authors set forth the dynamics of construction works in the region, consider the main criteria of enterprise's efficient activity, explain the notion of labour quality level, describe the up-to-date analysis of enterprise's competitiveness as well as the method of expert evaluation application.

К е у w o r d s: work quality in construction, evaluation; competitive potential, evaluation; labour, quality.

Процесс взаимодействия предприятий строительного комплекса в едином экономическом пространстве Волгоградского региона в настоящее время достаточно проблемный. Не в полной мере определены факторы, влияющие на выбор того или иного способа отношений, не установлена область действия каждой модели интеграции интересов участников строительного комплекса, направленной на реализацию их экономических интересов. Вместе с тем, рационализация инвестиционно-строительного производства невозможна без поиска наиболее эффективных способов продвижения продукции к конечному потребителю, оптимального организационного построения технологических систем и развития экономического механизма распределения результатов совместной деятельности.

Если рассматривать основные показатели социально-экономического положения региона начиная с 2004 г., то по данным Госкомстата России Волгоградская область по многим показателям оказалась в числе «середнячков».

Строительство является одной из наиболее эффективных бюджетообразующих отраслей экономики региона, оказывающих влияние на динамику валового регионального продукта.

Однако в последние годы в Волгограде темп объемов строительных работ начинает активно возрастать. Этому способствует благоприятный инвестиционный климат Волгограда. Увеличение объемов подрядных работ крупными и средними предприятиями за 8 месяцев 2008 года составило 17,4 млрд р., превысив объем работ за 2007 г. на 15,4 % [1].

Наряду с увеличением объемов строительства, снижается качество выполняемых работ. Эта проблема усугубляется тем, что соблюдение нормативных требований зачастую ниже установленных стандартов. На качество труда, безусловно, влияет мотивация. От того насколько эффективна мотивационная система и контроль за ее осуществлением, непосредственно зависит уровень качества труда.

В настоящее время в области организации эффективной деятельности предприятия не существует единого подхода, как в методах, так и в выборе критериев оценки качества труда. Используемые для этой цели параметры можно объединить в четыре группы:

первая группа включает такие показатели как доля рынка производства (продаж) в регионе, %, оборот (млн р/мес.), доля денежных средств в обороте, %, и др. Эту группу целевых показателей относят к категории рыночных;

вторая группа характеризует финансово-экономическую деятельность предприятия, которая находит отражение в уровне цен на продукцию. Это стоимость производственных фондов и оборотных средств строительной организации, прибыль предприятия, ликвидность, рентабельность и др.;

показатели, отражающие уровень организации, технологии и механизации производства измеряются уровнем специализации и механизации производства, выработкой на одного работающего, уровнем поточности, ритмичности, обеспечивающих эффективное использование рабочего времени. Это *третья группа* показателей;

некоторые исследователи выделяют еще показатели, отражающие адаптацию условиям внешней среды. То есть на основе анализа внешней среды, факторов прямого и косвенного воздействия и существующих тенденций оцениваются процессные преобразования объекта управления для достижения соответствия внутренних компонентов и объекта в целом внешней среде. Это *четвертая группа* показателей.

Однако указанные показатели и группы по отдельности не могут служить в качестве объективной обобщающей оценки уровня конкурентного состояния предприятия.

Сегодня на рынке строительной продукции все большую значимость и вес приобретает такой показатель, как *уровень качества труда*, а качества организации управления и культуры производства. Наличие соответствующей системы менеджмента качества производства подразумевает и соответствующее качество продукции и услуг. Другими словами качество продукции является производной от системы менеджмента качества работ и услуг.

Преимущество этого показателя как «конкурентного потенциала» очевидно и потому, что большинство предприятий, производящих и реализующих свою продукцию на том или ином рынке строительной продукции, по уровню цен реализации и уровню технологичности выровнялись, так как реализация по цене выше равновесной рыночной возможна, а ниже не целесообразна для большинства предприятий, работающих в условиях первой рыночной модели — рынка несовершенной конкуренции. Следуя терминологии экономической теории, этот термин характеризует рынки, на которых продавцы имеют больше свободы в назначении цен, чем при совершенной конкуренции, потому что продают при условии наличия монополистической конкуренции или олигополии.

Конкурентный потенциал оценивается *уровнем качества труда*, который характеризуется состоянием материальных ресурсов (оборотных средств), финансовых ресурсов, основных средств, трудовых ресурсов, информационных средств, системы организации и культуры производства (сертификаты системы менеджмента качества) и др. Вообще количество и состав переменных может быть любым и должны определяться в каждом конкретном случае

при определении той или иной цели и задачи. Некоторые экономисты предлагают расчет конкурентоспособности предприятия вести по показателю рентабельности [2] в разрезе составляющих затрат, по отношению изменения доли рынка хозяйствующего субъекта в сравнении с предшествующим периодом к изменению доли рынка по выборке и др. Никто не отрицает важность этих экономических характеристик. Однако, чем полнее отражено влияние всей совокупности факторов строительной системы, включая и экономические, тем полнее характеристика развития (состояния) всей сферы производства.

Для исследования степени влияния факторов на показатели деятельности предприятия (конкурентный потенциал) произведен экспертный анализ с составлением матрицы рангов (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Матрица рангов

Номер эксперта	Оценка факторов					
	x_1	x_2	x_3	x_4	...	x_i
1	d_{11}	d_{12}	d_{13}	d_{14}	...	d_{1i}
2	d_{21}	d_{22}	d_{23}	d_{24}	...	d_{2i}
3	d_{31}	d_{32}	d_{33}	d_{34}	...	d_{3i}
...	...	...	...	...	...	...
n	d_{n1}	d_{n2}	d_{n3}	d_{n4}	...	d_{ni}
$\sum n_i$	$\sum d(1-n)1$	$\sum d(1-n)2$	$\sum d(1-n)3$	$\sum d(1-n)4$	...	$\sum d(1-n)i$

Средняя сумма рангов экспертной оценки:

$$d^{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij}}{n}.$$

На основе анализа производственно-хозяйственной и финансово-экономической деятельности ряда предприятий установлено, что на эффективную деятельность предприятия, его имидж и конкурентный потенциал наибольшее влияние оказывают следующие факторы, учитываемые экспертами:

оборотные средства x_1 ;

основные средства x_2 ;

финансовые ресурсы x_3 ;

трудовые ресурсы x_4 ;

информационные средства и технологии x_5 ;

система организации и культура производства x_6 ;

уровень специализации и механизации производства x_7 ;

социальная защищенность трудового коллектива x_8 .

Составлена экспертная матрица рангов, где каждому фактору присваивался балл от 1 до 10 (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Матрица рангов

Номер эксперта	Оценка факторов							
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
1	8	8	7	7	6	8	6	3
2	7	8	9	8	8	6	7	4
3	9	7	8	8	5	6	7	6
4	6	9	7	9	6	7	6	5
5	7	7	8	7	7	8	7	6
6	8	8	9	8	5	6	7	8
7	6	7	7	7	6	7	8	6
8	6	7	9	8	9	8	9	6
9	7	8	8	7	7	8	7	5
10	8	6	9	8	8	6	7	6
11	9	8	9	8	6	7	6	4
12	8	7	7	7	4	6	8	3
13	6	7	8	7	5	8	7	4
Сумма рангов	95	97	105	99	82	91	92	66

Т а б л и ц а 3

Показатели отклонений от средней суммы рангов

Шифр фактора	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
Отклонение от средней суммы рангов Δi	4	6	14	8	-9	0	1	-25

С целью отсеивания менее значимых факторов, относящихся к «шумовому полю», выполнено ранжирование их по фактору $x_3 = 105$, как имеющему максимальную величину суммы рангов. В результате такого ранжирования получены следующие значения величины, %:

$$x_1 = 91 \quad x_5 = 78$$

$$x_2 = 92 \quad x_6 = 87$$

$$x_3 = 0 \quad x_7 = 88$$

$$x_4 = 94 \quad x_8 = 63$$

Учитывая, что «уровень шума» принимается в интервале 15...20 %, то можно считать в качестве основных влияющих факторов x_1 , x_2 , x_3 , x_4 , x_6 , x_7 .

Согласно одному из объективных законов *теории организации* любое предприятие в своей производственной деятельности стремится достичь наибольшего суммарного потенциала при прохождении всех этапов жизненного цикла [3].

Потенциал предприятия состоит из отдельных элементов и характеризует его способность к деятельности. От величины потенциала зависит уровень конкурентности предприятия.

В аналитическом виде данную формулировку можно записать в следующем виде:

$$\Pi_i = \sum_{j=1}^n R_{ji} ;$$

$$\sum_{j=1}^n R_j \times K_j \rightarrow \Pi_i ,$$

где Π_i — потенциал i -го предприятия; R_{ji} — j -й элемент (ресурс) i -го предприятия; K_j — весовое значение j -го элемента (ресурса) при создании того или иного товарного продукта.

Исходя из этих же законов

$$\sum_{j=1}^n R_{ji} \geq \sum (V_{1i} + V_{2i}) ,$$

где R_{ji} — j -й элемент (ресурс) i -го предприятия; V_{1i} — элемент (ресурс) внешнего разрушительного воздействия; V_{2i} — элемент (ресурс) внутреннего разрушительного воздействия стремящийся разрушить или ликвидировать организацию.

Левую половину соотношения еще называют ресурсами удержания и развития производственно-хозяйственной системы организации, предприятия.

Таким образом, общая сумма ресурсов развития должна быть всегда больше суммы всех разрушительных ресурсов. При их равенстве организация, предприятие балансирует между ликвидацией и банкротством. Деятельность таких предприятий бесперспективна.

К элементам (факторам) внешнего воздействия (внешней среды) относятся: экономические, политические, конкурентные, метеорологические и др.

К факторам внутреннего воздействия относятся все элементы системы управления предприятия, то есть методология управления, процесс управления, структура управления, техника управления, а также финансовые ресурсы, основные и оборотные средства, трудовые ресурсы. И от того насколько своевременно и правильно орган управления предприятия отреагирует в тот или иной момент времени на внешнее воздействие и эффективно воспользуется своими внутренними ресурсами, настолько оно будет конкурентоспособно и инвестиционно привлекательно, иметь соответствующий имидж.

Как отмечалось выше, *конкурентный потенциал* предлагается характеризовать и измерять «уровнем качества», то есть состоянием системы управления и ресурсов предприятия, их способностью выдавать системный продукт и системный результат. При этом все элементы, характеризующие уровень качества, делятся на две группы: элементы, способствующие развитию предприятия, и группа элементов, ведущая к ликвидации предприятия. Отсюда, уровень качества (УК) определяется как разность ресурсов развития и ликвидации, деленная на суммарную величину ресурсов развития:

$$\text{УК} = \frac{P - Л}{P} \times 100\% .$$

Для оценки *конкурентного потенциала* и анализа положения предприятия по *уровню качества труда* используем метод экспертных оценок. При этом в качестве экспертов могут быть использованы как ведущие специалисты своей фирмы, так и специалисты других родственных предприятий или

аудиторских фирм. Конечно, для объективной оценки состояния предприятия лучше приглашать независимых аудиторов, так как над «своими» довлеет фактор субъективизма.

Любая организация или компания, где серьезно поставлена аналитическая работа, самостоятельно способна оценить свои реальные и потенциальные возможности и с большей вероятностью избежать или уменьшить производственные риски.

В процессе аналитической работы каждому j -му элементу (ресурсу) экспертом присваивается соответствующий балл. Граничащие значения лежат в пределах от 10...100. Например, если трудовые ресурсы не соответствуют тем требованиям, которые предъявляются к ним со стороны соответствующих работ, то значение балла минимальное, и наоборот.

Весовое значение (k_j) j -го элемента (ресурса) находится в пределах от 0,1...1,0.

В качестве примера приведем результаты оценки одного из экспертов по ЗАО «Строительный комплекс».

Рассматривая факторы внутренней среды предприятия, эксперт дал следующую оценку, балл, элементам, положительно влияющим на эффективность деятельности предприятия:

- состояние организационной структуры предприятия (50);
- применение современных методов и технологий (50);
- занятие другими видами работ (сдача в аренду, сервисное обслуживание, посредническая деятельность и т.п.) (50);
- увеличение заработной платы на одного рабочего в пределах 10 000 р. (90);
- увеличение объема выпускаемой продукции по отношению к прошлому году (80).

К факторам внутренней среды, сдерживающие экономический рост предприятия были отнесены:

- недостатки организационной структуры (30);
- неустойчивое финансовое положение (20);
- увеличение дебиторской и кредиторской задолженности (20);
- отсутствие ведения анализа обеспеченности предприятия оборудованием и эффективности его использования (20);
- отсутствие анализа резерва роста и реализации производимой продукции (20);
- отсутствие анализа состояния материальных ресурсов предприятия (20);
- возможность социальной защиты и социальной защищенности коллектива (20);
- несоответствие квалификации существующего штата сотрудников с реальными потребностями производства, недостаточно поставленная система переобучения кадров (20);
- отсутствие должного внимания к изменяющейся конъюнктуре рынка, а именно недооценка ввода в продажу новых видов продукции (20);
- игнорирование возможностей получения дополнительного дохода от сдачи в аренду производственного оборудования и площадей предприятия (20);
- текучесть кадров на 3,3 % за исследуемый период (20);
- недостаточная работа в части маркетингового исследования (20);

изношенность основного оборудования (20);
наличие неформальных организаций (20).

Общая оценка элементов, положительно влияющих на деятельность предприятия:

$$P = (50 \times 0,6) \times 3 + (90 \times 0,9) + (80 \times 1,0) = 191.$$

Значение величины элементов разрушительного воздействия, стремящихся ликвидировать организацию или нанести ей ощутимый вред:

$$Л = (30 \times 0,8) \times 4 + (20 \times 0,6) \times 6 + (20 \times 0,5) \times 2 = 212.$$

Определяем УК (уровень качества труда):

$$УК = \frac{P - Л}{P} \times 100\% = \frac{191 - 212}{191} \times 100 = -10,9.$$

Это значение уровня качества, отражающее конкурентный потенциал предприятия, соответствует второму уровню, то есть ситуации, когда предприятие не представляет интереса для конкурентов.

Представляет практический интерес шесть уровней качества, отражающих конкурентный потенциал (табл. 4)

Т а б л и ц а 4

Характеристика уровней качества труда

Уровень	Диапазон значений, %	Комментарии
1	свыше -20	Ситуация, когда надо принимать решение о самоликвидации или реорганизации
2	-20...-10	Ситуация, когда предприятие не представляет интереса для конкурентов
3	0	Ситуация, в которой ведется борьба за выживание
4	10...20	Нормальная ситуация в рыночной экономике
5	20...50	Ситуация, когда предприятие имеет высокий конкурентный потенциал
6	50...100	Искусственно созданная ситуация, требуются радикальные решения

Эта концепция предусматривает постоянное улучшение качества. При этом понятие качества понимается более широко. Оно включает также и затраты на создание и производство изделия, то есть его себестоимость. Таким образом, целевой установкой общеприемлемой системы обеспечения качества является обеспечение постоянной динамики улучшения качества производимой продукции и снижения ее себестоимости, а также внедрения системы мотивационного управления на предприятиях строительного комплекса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гребенников Р.Г. Городские вести. 9 октября 2008. С. 20.
2. Михайлов В.Ю., Золотов Д.А. Расчет величины конкурентоспособности строительного предприятия // Промышленное и гражданское строительство. 2004. № 8.
3. Смирнов Э.А. Основы теории организации. М. : ЮНИТИ, 2000.

© Чуб А.И., Артамонов А.А., 2008

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 666.972.125

Д.А. Гусельников, И.В. Надеева, А.К. Акчурин, В.В. Гузев

ГРАНУЛИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ — ОДИН ИЗ ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ И РАСШИРЕНИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

Разработаны составы композитов «техногенное сырье — полимер», предложена технология гранулирования минеральных материалов органическим связующим, исключающая процесс высокотемпературного обжига гранулята, определены границы эффективного применения композиционных материалов строительного назначения.

К л ю ч е в ы е с л о в а: композиты строительные; гранулирование минеральных материалов, технология.

The structure of a polymeric composite is developed on the basis of a product of processing epoxy resin, chemical stability in excited environments is investigated, physical-mechanical parameters of samples of concrete with a polymeric covering are determined. Recommendations for using a polymeric composition (as an anticorrosive covering and a waterproofing of building materials and products) according to technology of covering a surface are given.

K e y w o r d s: processing epoxy resin; anticorrosive covering; building materials and products.

Использование современных подходов к оценке энергетического потенциала исходных сырьевых материалов и поиск новых технологических решений обеспечивает повышение качества строительных материалов, расширение их ассортимента. Промышленность строительных материалов отличается от других отраслей консервативностью в использовании сырья. Поэтому повышение эффективности производства и снижение себестоимости строительной продукции необходимо осуществлять за счет рационального использования энергоресурсов природного и техногенного сырья. Невозможность полной реализации отсевов кварцевых песков, продуктов дробления боя кирпичной кладки и т.д. на многих предприятиях приводит к их постепенному накоплению на складах готовой продукции, и, как правило, в дальнейшем отсеvy дробления вывозятся в отвалы. Отсевы дробления можно рассматривать в основном как местное сырье. Дополнительное разделение отсева на узкие фракции увеличивает цену продукции.

Гранулирование материалов из природного и техногенного сырья — один из эффективных способов получения заполнителей и расширения сырьевой базы строительных композитов. Проблемы утилизации мелких фракций отходов строительных материалов, которые возникают при сносе или рекон-

струкции зданий и сооружений не менее актуальны. Весьма перспективным направлением является их использование в технологии производства легких гранулированных материалов.

Исследования в ряде работ показали перспективность получения высококачественного гранулированного и блочного конструкционно-теплоизоляционного пеноцеолита из цеолитсодержащих пород, в том числе и пород со средней и низкой цеолитовой минерализацией с температурой вспенивания 1180...1200 °С [1]. Целью этих исследований была разработка состава и технологии производства гранулята из боя стеновых материалов [1]. Исходные материалы сначала разделяли на фракции, а затем перемешивали. После этого смесь компонентов мололи с добавкой газообразователя (SiC), гранулировали и обжигали. С помощью добавки различного количества газообразователя (0,0; 1,0; 3,0), получали гранулы с заданной плотностью (соответственно 1,80; 0,99; 0,62 г/см³).

Производство легких заполнителей из мелкой фракции боя кирпичной кладки и пенобетона возможно, а содержание боя кирпичной кладки может составлять до 100 %, в то время как содержание боя пенобетона не должно превышать 30 %.

Технологии производства легких пористых заполнителей связаны с использованием в качестве связующего раствора жидкого стекла с последующим вспучиванием, обжигом [1, 2].

В рамках научных направлений исследовательских работ кафедр Волжского института строительства и технологий и ВолгГАСУ разработаны составы и технология производства гранулированных заполнителей из мелких фракций техногенных отходов и отсевов кварцевого песка на органическом связующем. Предлагаемая технология исключает предварительную подготовку исходных материалов (дополнительный помол, рассев и т.д.) и высокотемпературную стадию обжига.

Исходными материалами в исследовательской работе являлись отсевики кварцевых песков карьеров Волгоградской области, а также невостребованные фракции (0,315 и 0,250 мм) кварцевых песков производства карбида кремния. Рассматривался также гранулированный металлургический шлак и его отсев из фракции 0...10 мм.

В качестве связующего использовалась сухая полимерная фенольная смола, модифицированная отвердителем аминного типа. Материал песков смешивался с сухой смолой в различных соотношениях (2:1, 3:1, 6:1, 12:1 соответственно), далее затворялся водой до массы полусухого прессования, смешивался и гранулировался окатыванием на лабораторной установке. Набор прочности гранулированных образцов осуществлялся в естественных условиях (25 °С, на воздухе). Возможна сушка при температуре не более 30...50 °С, при достаточной конвекции воздуха, для ускорения процесса набора прочности.

Вид гранул приведен на рис. 1. Размер гранул 2...30 мм.

Формула расчета плотности гранул, полученных методом окатывания смеси состоящей из песка, фенольной смолы и воды в соотношении 4:1:1,3 объемных единиц, при окружной скорости окатывания $V_{окр} = 3,24$ м/мин представляет собой следующую зависимость:

$$\rho = \frac{48 \cdot \sum_{i=1}^n m_i}{n \cdot \pi \cdot (a_{\max} + a_{\min})^3}, \quad (1)$$

где m — масса гранулы; n — количество гранул во фракции; $a_{\max}$ — максимальный размер гранулы во фракции; $a_{\min}$ — минимальный.

Гранулы (рис. 1, а) по своим размерам распределены на 6 фракций: 2...5, 5...10, 10...15, 15...20, 20...25, 25...30 мм.

Изменение плотности гранулированных отсеков кварцевого песка можно представить в виде диаграммы (рис. 2, а), или графически (рис. 2, б). На графике видно, что с увеличением размера гранулы ее плотность уменьшается, вероятнее всего за счет повышения пористости, что в свою очередь является косвенным показателем прочности гранулы.

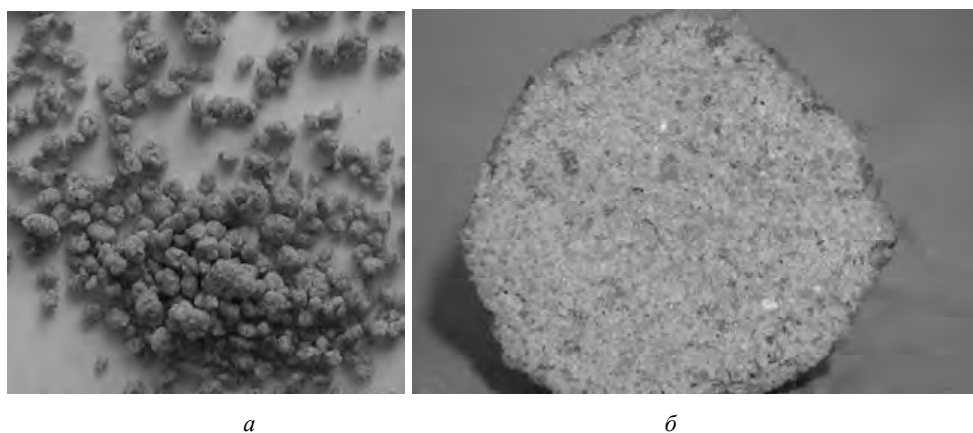


Рис. 1. Гранулы, полученные окатыванием отсеков кварцевого песка

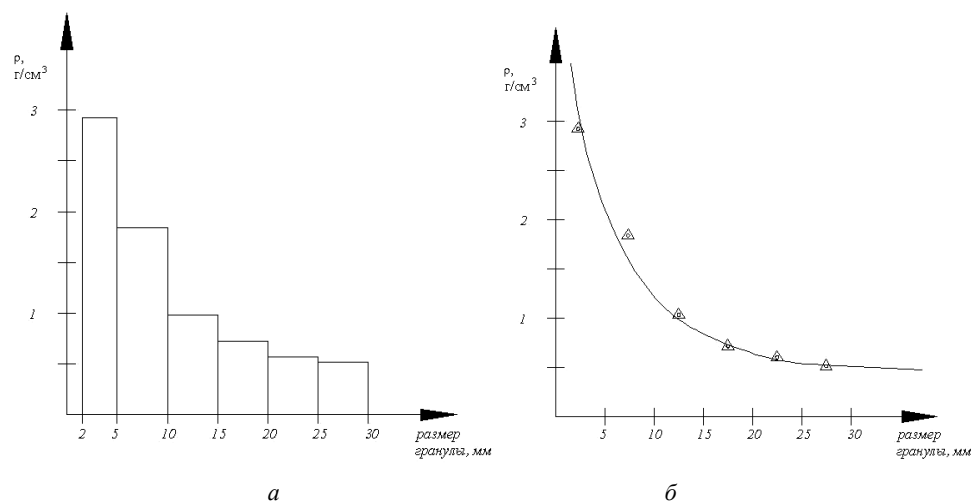


Рис. 2. Зависимость плотности гранулы от ее усредненного размера

Анализ внутренней структуры гранул подтверждает это предположение. Внутренняя структура гранулированного песка (рис. 3) имеет желто-коричневый цвет.

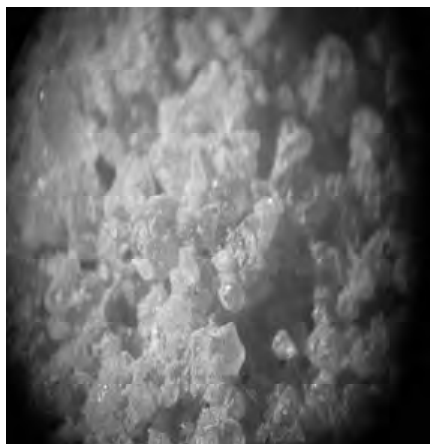


Рис. 3. Структура гранулы

Структура зернистая неплотная, представлена в виде частиц песка различного размера, соединенных между собой связкой желтого цвета и мелочью. Связка распределена неравномерно, образовывая мостки между зернами песка. Недостаточное количество связки способствует образованию пустот между зернами, что отрицательно сказывается на прочности образцов.

Таким образом, результаты исследовательской работы подтверждают возможность гранулирования мелких фракций техногенных отходов и их отсеков с использованием органического связующего, минуя предварительную подготовку

исходных материалов и технологическую стадию обжига гранулята, что снижает энергозатраты и себестоимость материала гранулированного заполнителя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мюллер А., Верещагин В.И. Гранулированные материалы из природного и техногенного сырья // Строительные материалы. 2005. № 7. С. 23—26.
2. Долатказин А.А. Отсевы дробления: проблема, требующая решения // Строительные материалы. 2006. № 8. С. 28—29.

© Гусельников Д.А., Надеева И.В.,
Акчуринов А.К., Гузев В.В., 2008

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

УДК 666.974.6

И.В. Носова, И.В. Надееева, А.Б. Бондарев, А.В. Савосин

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТА СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Применен комплексный подход к исследованию полимербетонов с использованием традиционных петрографических методов, а также методов микромеханических исследований композитов различного функционального назначения, позволяющий получить подтверждение различия природы фаз полимербетона, наличия граничных процессов формирования структуры.

К л ю ч е в ы е с л о в а: композиты; строительные материалы; полимербетоны.

The complex approach to research polymeric concrete with use of traditional petrographic methods, and also methods of micromechanical researches of composites of various functional purpose, allows to receive acknowledgement of distinction of the nature of phases polymeric concrete, presence of boundary processes of formation of structure and is a preliminary and supplementing stage of researches before a destroying quality monitoring.

K e y w o r d s: composites; building materials and products; polymeric concrete.

Композиты строительного назначения представляют собой гетерогенный материал, отдельные зерна (компоненты) которого имеют различные физико-химические и физико-механические свойства. Физико-механические свойства композита определяются минералогическим составом и микроструктурой. Детальное изучение структуры и ее влияния на свойства существенно необходимо для создания новых композиционных материалов, расширения ассортимента и повышения физико-механических свойств изделий.

Для характеристики пространственного распределения пор и твердых фаз в композите наиболее общим термином является структура. Рассмотрение макро- и микроструктуры целесообразно не только с точки зрения масштаба, но и с точки зрения причин, обуславливающих то или иное строение материала. Технологические параметры производства (гранулометрический и химический состав, дисперсность, форма зерен компонентов, степень однородности смешения и т.п.) ответственны, главным образом, за макроструктуру. Процессы твердения, полимеризации, поликонденсации, различные граничные процессы, включая диффузионные ответственны преимущественно за микроструктуру.

Макроструктура композиционных материалов характеризуется: величиной и формой зерен компонентов и пор, их количественным соотношением и взаимным расположением. Микроструктура характеризуется следующими показателями: распределением кристаллов компонентов относительно друг друга (определение степени прямой связи), расположением, формой и размерами кристаллов, характером границ, признаками процессов формирования композита.

Очевидно, что к строительным композитам полностью применимы классические *петрографические описания структур*.

В ВИСТех ВолгГАСУ разработан способ изготовления полированных шлифов из композиционных материалов с использованием на всех операциях обработки шлифа (за исключением окончательной его полировки) алмазным

инструментом на органической связке (авторская разработка). Этот способ сокращает длительность обработки шлифа примерно в 5...10 раз, сводит к минимуму расход алмазных порошков и обеспечивает высокое и постоянное качество поверхности шлифованных шлифов. Строительные материалы относятся к материалам композиционного типа, поэтому использование авторских разработок при их комплексном исследовании считаем целесообразным.

Классические строительные материалы формируются из следующих основных компонентов: цемент, мелкий заполнитель песок, крупный заполнитель щебень, гравий. В настоящее время широко применяются новые виды заполнителей: 1) тугоплавкие соединения SiC (карбид кремния); 2) металлические заполнители: дробь, стружка; 3) шлаки. В качестве связующего широко применяются органические материалы, например, полимеры и в частности эпоксидные смолы. Новые составы определяют новые свойства и новые области применения. В связи с этим актуальным на сегодняшний день является изучение строения и свойств многокомпонентных составов строительных материалов с использованием комплексного подхода к набору методов исследований.

На первоначальном этапе работ были проведены макроскопические исследования материалов образцов в количестве 7 штук с помощью ручной лупы 4-кратного увеличения. Данный осмотр позволил охарактеризовать структуру образцов и выявить наличие крупных пор, трещин и других дефектов. В качестве примера на рис. 1 приведены фотографии образцов 1 и 2 при различных кратностях увеличения.

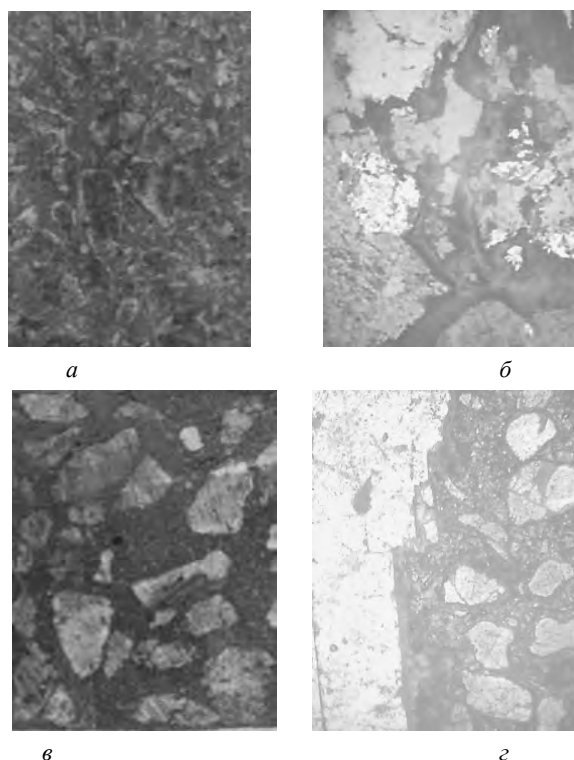


Рис. 1 Образцы 1 и 2 полимербетонов при различной кратности увеличения: образец 1, увеличение: *а* — 4^х; *б* — 80^х; образец 2, увеличение: *в* — 4^х; *г* — 80^х

Для дальнейшего микроскопического анализа были изготовлены полированные шлифы всех образцов полимербетонов.

Исследования проводились с помощью микроскопа металлографического серии ЕС МЕТАН РВ — 21, дающего увеличение от 50 до 1000. Нами использовались объектив с характеристиками $F = 25$, $A = 0,17$ (F — фокусное расстояние, A — апертура) и окуляры $7^{\times}$. При этих данных получили 80-кратное увеличение микроскопа. Были получены следующие результаты.

При более высокой кратности увеличения структура образца 1 (рис. 1, а, б) гетерофазная, представлена в количестве 3 фаз. Матрица более мягкая. Преобладают включения серого цвета, форма полиэдрическая с относительно гладкими краями. Также присутствуют включения яркого цвета с металлическим блеском, правильной формы (предположительно алюмосиликаты), имеются поры различной величины. Для образца 2 (рис. 1, в) при кратности увеличения $80^{\times}$ характерна неплотная гетерофазная структура. Включения крупные, равномерно расположены. Форма полиэдрическая с гладкими краями. Матрица полимерная, композиционная. По цвету включений можно предположить наличие алюмосиликатов и песка. Имеются поры.

Шлифы образцов 3—7 характеризуются аналогичной гетерофазной структурой, полимерной композиционной матрицей, с включениями правильной формы, различного цвета. Наличие пор разного размера говорит о неплотной упаковке композита, разрушении на границе раздела фаз.

Результаты петрографических исследований образцов полимербетона характеризуют соблюдение технологических параметров производства, в частности, форму зерна компонентов, степень однородности смешивания. При более высокой кратности увеличения микроскопические исследования наибольший интерес представляют на границе заполнитель — матрица, характеризующая диффузионные процессы твердения.

Для определения природы фаз композита строительного назначения был применен метод микромеханических исследований — определение микротвердости фаз на твердомере ПМТ-3 (авторская разработка).

Результаты микромеханических исследований приведены в таблице. Твердость составляющих включений композита свидетельствует о прочности каркаса готового изделия. Процесс набора прочности матрицей характеризуется показателями твердости от 0,17 до 0,80 ГПа (табл.). Разброс данных свидетельствует о различной глубине процесса полимеризации (поликонденсации), а также о целесообразности использования данной матрицы. По образцу 3 можно дать заключение, что включение светло-серого цвета является тугоплавким соединением (твердость 15,95 ГПа), а твердость на границе матрица-заполнитель говорит о достаточной прочности сцепления компонентов (твердость 1,5 ГПа).

Методология исследования композита строительного назначения включает все стадии петрографических исследований и исследования процессов формирования композита, включая граничные, с использованием методов микромеханических исследований, разработанных для абразивного инструмента (авторская работа). Без выполнения химического анализа, разрушающих физико-механических методов, мы не только получили подтверждение различия в природе фаз композита полимербетона, но и указали на наличие граничных процессов формирования, поэтому к строительному композиту

применим комплексный методологический подход при изучении процессов его формирования.

Результаты микромеханических исследований

№ образца	Составляющие полимерного композита	Твердость H , ГПа, при нагрузке на пирамиду, Н 0,54 / 0,69
1	Включение белого цвета	2,31
	Включение темно-серого цв.	1,51
	Включение светло-серого цв.	2,10
	Матрица темно-серого цв.	0,24
	Граница	1,40
2	Мелкие включения	0,83
	Крупные включ. светло-сер. цв.	1,63
	Включение светло-серого цв.	/0,85
	Матрица темно-серого цв.	0,8
	Граница	0,95
2.1	Включение белого цвета, малое	0,18
	Включение серого цв., малое	2,11
	Включение серого цв., большое	1,13
	Матрица темно-серого цв.	0,6
	Граница	0,80
3	Включение белого цвета	1,06
	Включение темно-серого цв.	3,53
	Включение светло-серого цв.	15,95
	Матрица темно-серого цв.	0,22
	Граница	1,5
4	Включение розового цв., большое	1,42
	Включение серого цв., малые	1,93
	Матрица серого цвета	0,19
	Граница	0,83
5	Включение белого цвета	2,55
	Включение темно-серого цв.	1,77
	Включение светло-серого цв.	3,98
	Матрица темно-серого цв.	0,17
	Граница	0,88
6	Включение белого цвета	3,15
	Включение темно-серого цв.	2,11
	Включение светло-серого цв.	1,40
	Матрица темно-серого цв.	0,30
	Граница	0,88
7	Включение белого цвета	2,83
	Включение темно-серого цв.	1,51
	Включение светло-серого цв.	1,93
	Матрица темно-серого цв.	0,23
	Граница	0,88

© Носова И.В., Надеева И.В., Бондарев А.Б., Савосин А.В., 2008

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

УДК 625.85

Р.М. Черсков

**ПРИМЕНЕНИЕ КАУЧУКО-ПОЛИОЛЕФИНОВОГО МОДИФИКАТОРА (КПМ)
КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ СДВИГО- И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ
АСФАЛЬТОБЕТОНОВ**

Для увеличения сдвиго- и трещиностойкости асфальтобетонов различных структурных типов разработан каучуко-полиолефиновый модификатор (КПМ). Помимо стандартных испытаний асфальтобетонов проведена оценка трещиностойкости по пределу прочности при динамическом изгибе и температуре перехода в хрупкое состояние, а сдвигоустойчивости — по вязкости при 60 °С в условии ограничения бокового расширения.

К л ю ч е в ы е с л о в а: асфальтобетон; модификаторы битума.

The rubber-polyolefin modifier (RPM) for increase of resistance to shear and formation of cracks asphalt concretes various structural types is developed. Besides standard tests asphalt concretes the technique of an estimation resistance to formation of cracks is offered on strength at a dynamic bending and temperature of transition in a fragile condition, and resistance to shear – on shear viscosity at 60 °C in a condition of restriction of side expansion.

К e y w o r d s: asphalt concrete; bitumen modifiers.

Наиболее эффективным решением проблемы повышения срока службы асфальтобетонов дорожных покрытий как за рубежом, так и в нашей стране, является модифицирование вяжущих полимерными модификаторами. Анализ имеющихся работ по применению различных полимеров для улучшения свойств битумов и ряд проведенных исследований позволил сотрудникам ДорТрансНИИ РГСУ разработать комплексный каучуко-полиолефиновый модификатор (КПМ) для непосредственного ввода в асфальтосмеситель. Исследование физико-механических свойств битумов и битумов, объединенных с разработанной добавкой, показали, что введение добавки способствует улучшению всего комплекса физико-механических свойств: увеличению температуры размягчения при одновременном уменьшении температуры хрупкости, увеличению растяжимости и пенетрации вяжущего при 0 °С, повышению адгезии к кислым каменным материалам (табл. 1).

Введение 6 % добавки КПМ от массы битума в смесь, как показали проведенные исследования на трех типах асфальтобетона А, Б и В, позволяет существенно снизить такие показатели, как водонасыщение и остаточная пористость, увеличить показатель водостойкости, характеризующий коррозионную устойчивость асфальтобетонных смесей. Такое влияние обусловлено высокой адгезией модифицированного вяжущего, созданием им прочных пленок, тяжело отслаиваемых водой.

Введение добавки ощутимо сказывается также на всех показателях связанных с вязкостью вяжущего и его когезионной прочностью (рис. 1, 2): на 40...50 % увеличивается прочность на сжатие при 50 °С и сцепление при сдвиге при одновременном уменьшении на 5...10 % прочности на сжатие при 0 °С, что говорит о его более высокой термостабильности. Однако следует отметить недостаточную информативность стандартных методов испытаний асфальтобетона при испытании модифицированных смесей. Поэтому в качестве метода оценки трещиностойкости проводилось испытание образцов-призм на динамический изгиб со скоростью 50 мм/мин [1].

Таблица 1

Влияние количества добавки КПМ на физико-механические показатели битума БНД60/90

Показатели свойств	Нормы для битумов марки БНД 60/90	БНД 60/90	БНД 60/90+ +2% КПМ	БНД 60/90+ +4% КПМ	БНД 60/90+ +6% КПМ	БНД 60/90+ +6% КПМ
Дуктильность, при 25 °С	не менее 55	100	63	35	24	17
при 0 °С	не менее 3,5	4,8	5,3	7,5	10,7	13,6
Пенетрация, 0,1 мм при 25 °С	61...90	82	77	71	63	58
при 0 °С	не менее 20	22	23	26	27	27
Температура размягчения, °С	не ниже 47	50	52	56	61	68
Температура хрупкости, °С	не выше –15	–16,8	–17,6	–18,9	–19,8	–20,3
Интервал пластичности	—	66,8	69,6	72,9	80,8	88,3
Изменение температуры размягчения после прогрева, °С	не более 5	4	4	4	5	5
Качество сцепления битумного вяжущего с поверхностью гранитного щебня	2...5 баллов	2	3	3	4	5
Температура вспышки, °С	230	263	267	267	271	269
Эластичность, %	—	—	68	66	65	65

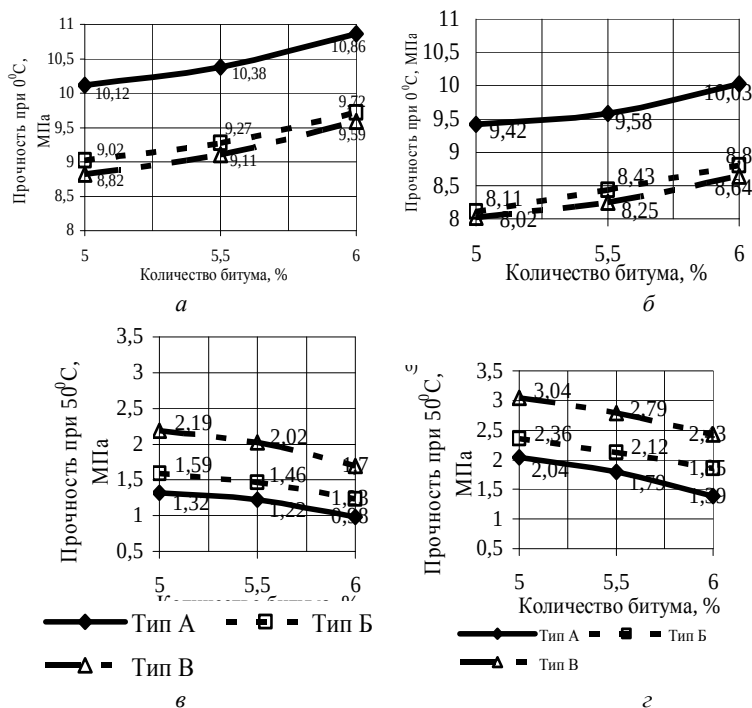


Рис. 1. Влияние количества битума, структуры асфальтобетона на прочность асфальтобетонных различных типов, при содержании КПМ от массы битума, %: а, в — 0; б, г — 6

Результаты для асфальтобетона типа Б, полученные и обработанные в программе STATISTICA 6.0 с построением изолиний (рис. 3) позволяют сделать вывод, что асфальтобетон на модифицированном вяжущем обладает более высокой прочностью при изгибе, большей деформативностью при низких температурах и граница его перехода в хрупкое состояние отодвигается на 10 °С в область более низких температур. Такое поведение асфальтобетона связано с влиянием эластичного асфальтено-полимерного каркаса, образуемого после объединения добавки КПМ с битумом и обнаруженного методами ИК-спектроскопии и микроскопического исследования. Полимерный материал способен проявлять достаточную деформативность даже в застеклованном состоянии, что связано с подвижностью отдельных сегментов высокомолекулярных полимерных цепей и качественно отличает его от низкомолекулярных стекол [2].

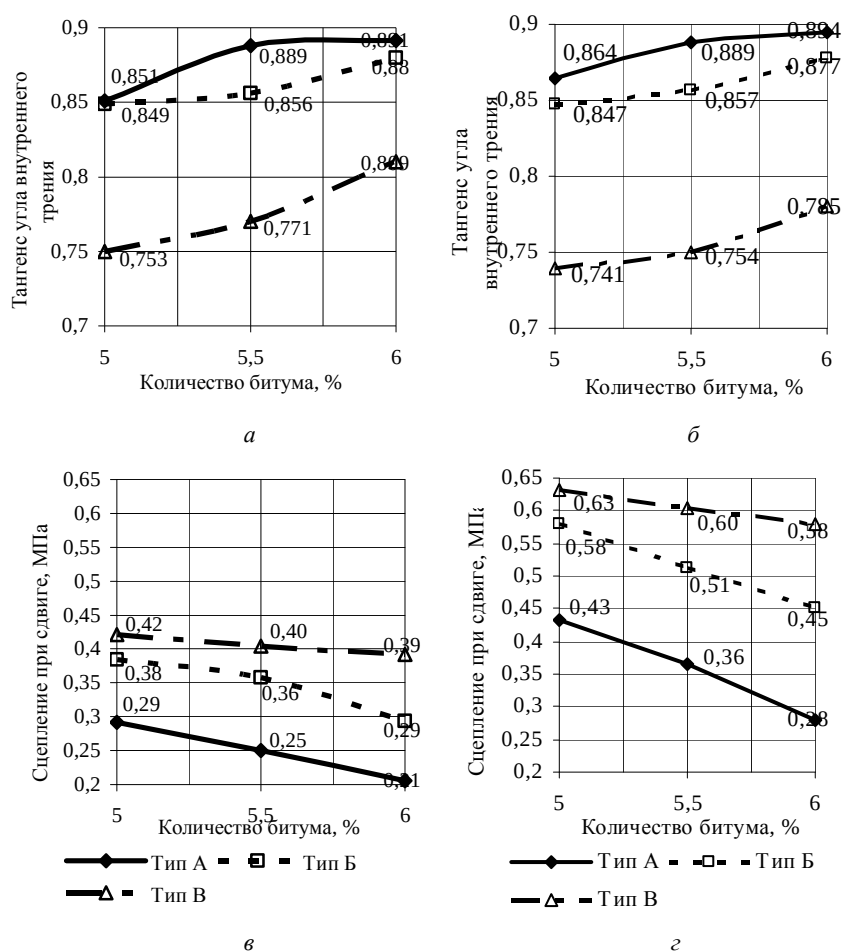


Рис. 2 Влияние количества битума, структуры асфальтобетона на коэффициент внутреннего трения и сцепление при сдвиге асфальтобетонов различных типов, при содержании КПМ от массы битума, %: а, в — 0; б, г — 6

Оценку сдвигоустойчивости асфальтобетонов выполняли стандартным определением коэффициента внутреннего трения и сцепления при сдвиге, а также дополнительно определялась вязкость асфальтобетонов при постоян-

ном сдвигающем напряжении 0,307 МПа (соответствующее суммарному сдвигающему напряжению для участка с транзитным движением от вертикальной и горизонтальной нагрузок, определяемые на расчетной глубине асфальтобетонного слоя [3]) и ограничении бокового расширения при температуре 60 °С. Стандартные испытания, проведенные на приборе Маршалла, показали, что введение 6% добавки КПМ от массы битума в смесь позволяет при сохранении коэффициента внутреннего трения на прежнем уровне значительно увеличить сцепление при сдвиге, что отражается также в повышении вязкости асфальтобетона при высоких температурах.

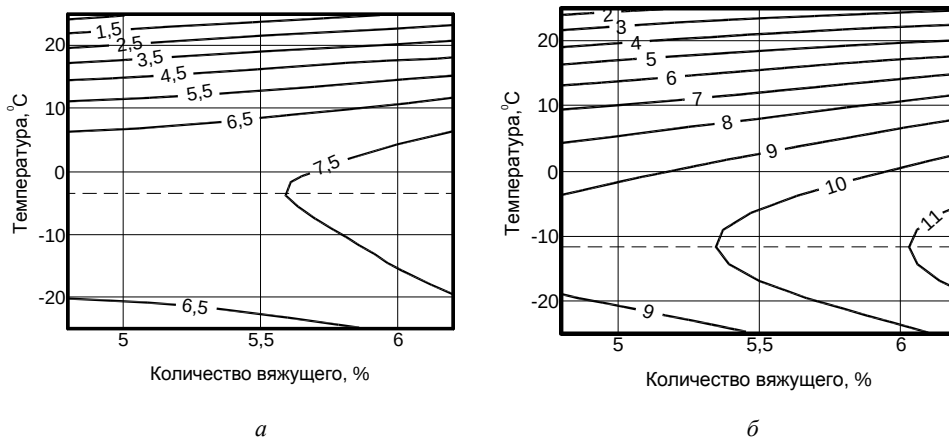


Рис. 3 Влияние количества битума и температуры на прочность при динамическом изгибе (МПа) для типа Б: а — без добавок; б — с 6 % КПМ от массы битума

В качестве испытательного оборудования использовался прибор для определения глубины вдавливания штампа диаметром 25,2 мм (площадью 5 см²). Вязкость асфальтобетона определялась по формуле

$$\eta = \frac{\tau}{d\varepsilon/dt},$$

где $\tau = P/S$, Па; P — нагрузка, Н; S — площадь поверхности нагружения, м², которая, как показали многочисленные эксперименты, с большой долей вероятности может быть принята равной площади боковой поверхности усеченного конуса ABCD, диаметр основания которого в нашем случае равен среднеарифметическому значению между диаметром штампа и кольца $CD = (25,2 + 59)/2 = 42,1$ мм; $d\varepsilon/dt$ — относительная скорость деформации сдвига, условно принимаемая равной скорости перемещения двух плоскопараллельных пластин с площадью поверхности S , между которыми находится испытываемый материал толщиной, равной отрезку MK , проходящему через середины отрезков BC и BL и равному $CL/2$: $\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{v}{MK}$, где v — скорости деформации сдвига по линии BC , м/с (рис. 4).

Отличие данного метода от стандартных заключается в возможности прогнозирования накопления остаточных деформаций во времени при высоких положительных температурах.

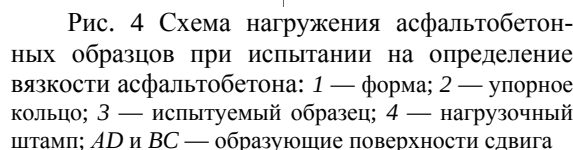


Таблица 2

Тип смеси и вид используемого вяжущего		Скорость сдвига, м/с	Вязкость, МПа·с
Тип А	С битумом БНД 60/90	0,0000003000	4595
	С битумом БНД 60/90+6% КПИМ	0,0000000667	20677
Тип Б	С битумом БНД 60/90	0,0000023999	574
	С битумом БНД 60/90+6% КПИМ	0,0000005333	2585
Тип В	С битумом БНД 60/90	0,0000058394	236
	С битумом БНД 60/90+6% КПИМ	0,0000023310	591

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- © Черсков Р.М., 2008

104

УДК 666.96:669-027.33

Т.Н. Клавдиева, О.Ю. Пушкарская, Л.Н. Губанова, С.П. Денисова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БОРДЮРНОГО КАМНЯ

Технологии изготовления плит бетонных тротуарных (ГОСТ 17608—91) и бортового камня (ГОСТ 6665—91) претерпевают значительные изменения в связи с использованием в составах бетонов техногенных отходов, что экономически оправдано. Разработан состав тяжелого бетона с использованием щебня металлургического шлака и шлакового песка вместо традиционного сырья, что позволяет получить изделия с эксплуатационными характеристиками, удовлетворяющими требованиям нормативной документации. Замена традиционного сырья в композите бетона щебнем и песком из металлургического шлака при оптимизации его состава улучшает физико-механические характеристики изделий.

К л ю ч е в ы е с л о в а: бетон тяжелый; бордюрный камень; плиты бетонные тротуарные.

Manufacturing techniques of concrete sidewalk plates (GOST 17608–91) and an edge stone (GOST 6665–91) undergo significant changes in connection with use in structures of concrete of technogenic waste that is economically justified. The structure of heavy concrete with use of rubble of metallurgical slag and slag sand instead of traditional raw material that allows to receive products with the operational characteristics which are meeting the requirements of the normative documentation is developed. Replacement of traditional raw material in a composite of concrete rubble and sand from metallurgical slag by optimization of its structure improves physicomachanical characteristics of products.

К e y w o r d s: heavy weight concrete; curb stone; concrete walkway slabs.

В связи с приоритетными программами по жилищному, дорожному и другим видам строительства требуется большое количество разнообразных дешевых высококачественных строительных материалов и бетонов. Одним из распространенных видов сырья для производства таких материалов являются многотоннажные отходы металлургической, теплоэнергетической, горнодобывающей, химической и других отраслей промышленности. Разработка строительных материалов на основе комплексного использования таких материалов обусловлена эколого-экономическими факторами: во-первых, значительным ростом цен на цемент, на природные заполнители и энергоносители и, во-вторых, ухудшением экологической ситуации в результате образования и накопления промышленных отходов. Исследования показывают, что широкое применение промышленных отходов позволяет на 15...20 % расширить минерально-сырьевую базу промышленности строительных материалов.

Существующие технологии изготовления плит бетонных тротуарных (ГОСТ 17608—91) и бортового камня (ГОСТ 6665—91) претерпевают значительные изменения в связи с использованием в составах бетонов техногенных отходов, что экономически оправдано. Введение в состав тяжелого бетона щебня металлургического шлака и шлакового песка вместо традиционного сырья преследует решение не только экологической задачи, но и значительного повышения эксплуатационных характеристик изделий. Такое решение требует определенных теоретических обоснований, что и является целью данной исследовательской работы.

Замена щебня и кварцевого песка в составах тяжелого бетона на металлургический шлак различного гранулометрического состава (фр. 0...20 мм и фр. 0...5 мм) не дала ощутимых результатов по прочностным характеристикам готовых изделий, прочность на сжатие составила на 7-й день набора прочности в среднем 29,6 МПа при использовании цемента марки М400 и М500. Кубиковая прочность образцов составила 30,5 МПа. Для определения полноты гидратации цемента в образцах шлакового бетона, сцепления заполнителя с матрицей и других структурных процессов микроскопическими методами из бетона-кубика были изготовлены срез-пластины $30 \times 30 \times 20$ мм, в количестве 4 шт., по два, «бок — середина». Поверхность не шлифованная. Исследование внутренней структуры образца бетона проводилось при помощи стереоскопического микроскопа МБС-9 (3,3...100,8X), дающего прямое стереоскопическое изображение исследуемого образца.

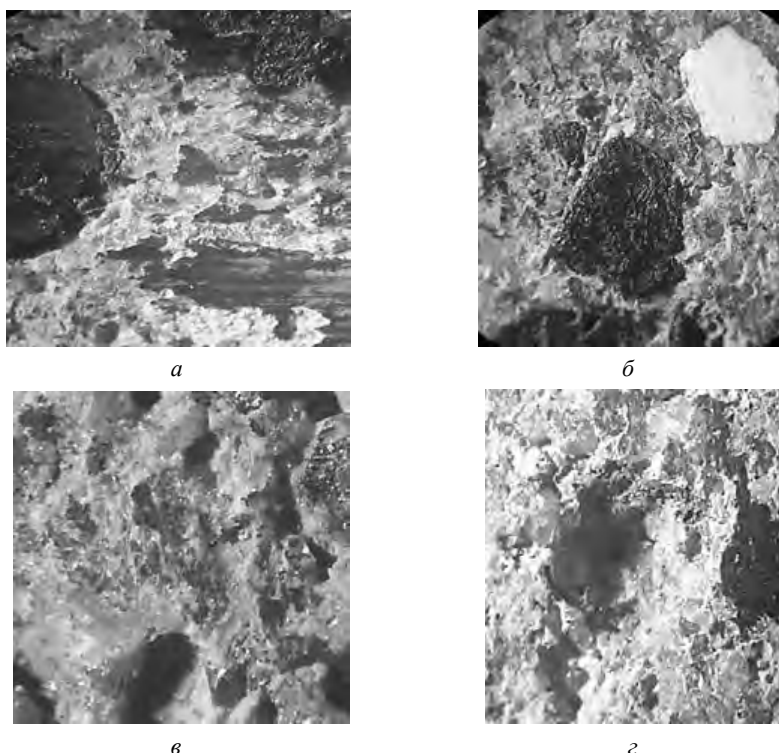


Рис. 1. Структура образцов бетона с заполнителем — металлургическим шлаком: *а* — срез пластины образца 1 — бок, увеличение $23\times$; *б* — срез пластины образца 1 — середина, увеличение $12\times$; *в* — срез пластины образца 2 — бок, увеличение $12\times$; *г* — срез пластины образца 2 — середина, увеличение $41\times$

Цвет всех 4 образцов: серый, с включениями темно-серого цвета (шлак), с явным металлическим блеском, а также бежевого, белого, коричневого цвета (песок, глина). Внутренняя структура образцов: гетерофазная, типичная для дисперсно-упрочненного композита, неоднородная, наблюдаются включения изометричной формы. Объемное содержание матрицы (цемент) — порядка 60 %. Отмечено наличие закристаллизованной стекловидной составляющей. Заполнитель размером от 2 до 15 мм, заполнитель мелкий размером 0,2...1 мм (предположительно песок). Структура пористая, размер пор — от 0,5 до 1 мм (рис. 1).

Неоднородная гетерофазная структура образцов бетона свидетельствует о следующих процессах: неполная гидратация цемента, отсутствие сцепления между заполнителем и цементом, отсутствие пластификатора. Химический состав металлургических шлаков приведен в табл. 1 в сравнении с традиционным сырьем и техногенными отходами.

Модуль основности металлургического шлака $M_0 = 0,13 < 0$ говорит о его кислом характере, содержание оксидов кальция и кремния в металлургическом шлаке на порядок ниже по сравнению с граншлаком (табл. 1), литым шлаковым щебнем, а содержание оксидов алюминия и железа на порядок выше, следовательно, металлургический шлак в составе бетона выполняет роль заполнителя, наполнителя и не участвует в процессе гидратации, не оказывая влияния на прочностные характеристики.

Т а б л и ц а 1

Химический состав заполнителей бетона

Наименование материала	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	П.п.п.
Щебень гранитный	0,95	72	16	2,4	2,0	4,6	3,4	0,6
Щебень известковый	44	5	3	0,4	7,5	0,2	0,15	40
Металлургический шлак ВТЗ (крупн.)	4,5	18,9	2,2	12,1	1,5	—	—	—
Металлургический шлак ВТЗ (отсев)	1,2	20,8	14,7	5,4	3,5	—	—	—
Шлак ВТЗ фр. 0...10	8,98	5,7	4,9	3,8	3,8	—	—	—
Шлаковая пемза	38,5	20,5	17,5	0,43	7,5	—	—	—
Литой шлаковый щебень	36,5	3,8	14,8	0,36	5,6	—	—	—
Портландцемент М500	65,0	22,0	6,0	3,0	—	—	—	—
Граншлак	37,5	35	15,3	0,33	9,3	—	—	—

Исследование структуры шлака проводилось методом оптической микроскопии при использовании стереоскопического микроскопа МБС-9 (3,3...100,8^x), дающего прямое стереоскопическое изображение исследуемого образца (рис. 2).

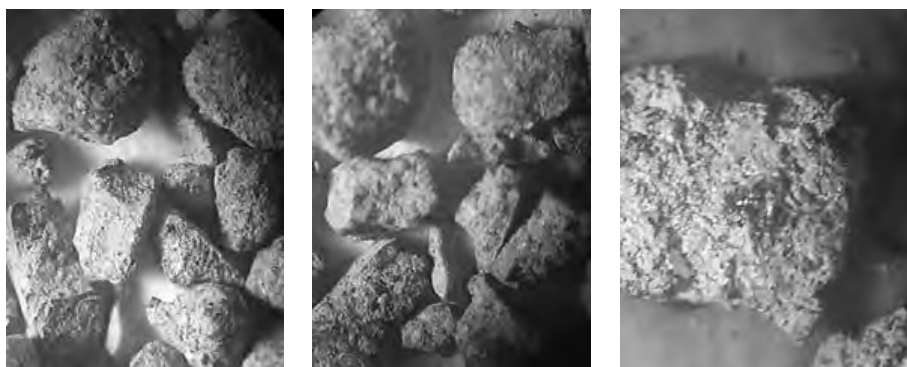


Рис. 2. Структура металлургического шлака: а — шлак, увеличение 21^x; б — шлак, увеличение 21^x; в — шлак, увеличение 43^x

Цвет шлака крупной фракции преимущественно серый, со светло-серым налетом, наблюдаются области высокой отражательной способности и обладающие металлическим блеском. Макроструктура шлака пористая, отмечает-

ся наличие закристаллизованной стекловидной составляющей. Частицы включений имеют окраску от бесцветной до бурой. Бурые включения свидетельствуют о наличии оксидов железа.

Для использования в составе бетона рассматривались кварцевые пески различных месторождений, химический состав которых представлен в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Химический состав кварцевых песков

Наименование кварцевого песка	Химический состав, масс. %						
	П.п.п.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Глин.
Речной, М _{кр} = 2,0	0,84	94,7	1,6	0,59	0,3	0,2	0,82
Карьерный, М _{кр} = 2,9	0,21	99,13	0,07	0,04	0,05	0,05	0,73
Орловский, М _{кр} = 2,6	0,30	98,2	0,45	0,43	Сумма 0,35		0,34
Дубовский темн. желтый, М _{кр} = 2,8	0,54	98,7	0,36	0,15	0,06	1,64	1,64
Дубовский красный, М _{кр} = 3,0	0,27	98,7	0,36	0,69	0,11	1,35	1,35
Дубовский светл. желтый, М _{кр} = 2,5	0,30	98,2	0,42	0,28	0,09	1,64	1,64

Для разработки проектного состава тяжелого бетона использовались технологические характеристики строительного песка и металлургического щебня:

	кварц. песок	металлург. щебень
истинная плотность, г/см ³	2,63	2,31
насыпная плотность, г/см ³	1,51	1,38
пустотность, %	42,5	0,4
модуль крупности	2,0...3,0	2,0...2,5
водопотребность, %	7,0	—

Определение состава бетона марки М400 производилось по стандартной методике. Расход воды определялся исходя из гранулометрического состава металлургического щебня и жесткости бетонной смеси 15 по стандартному вискозиметру. Коэффициент раздвижки зерен для жестких бетонных смесей принимался в среднем 1,1, тогда В/Ц = 0,4. Расход материалов, кг, на 1 м³ бетона составил:

металлургический шлак — 1333,
кварцевый песок — 580,
цемент — 364.

Прочность бордюрного камня из проектного состава бетона изменялась от 27,9 до 37,5 МПа в готовых изделиях, кубиковая прочность образцов — 55,0 МПа. Осадка конуса бетонной массы 4...5 см.

Анализируя полученные результаты испытаний, установлено, что предлагаемая технология изготовления бортового камня и плит бетонных тротуарных с использованием в качестве заполнителей гранулированного металлургического шлака позволяет получить изделия с эксплуатационными характеристиками, удовлетворяющими требованиям нормативной документации. Замена традиционного сырья в композите бетона щебнем и песком из металлургического шлака при оптимизации его состава повышает физико-механические характеристики, что экономически и экологически оправдано.

© Клавдиева Т.Н., Пушкарская О.Ю., Губанова Л.Н., Денисова С.П., 2008

Поступила в редакцию в ноябре 2008 г.

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 621.327

А.В. Шашин

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭЖЕКТОРА В СОСТАВЕ ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований характеристик эжектора в составе вытяжной вентиляционной системы, содержащей средство очистки выделяемых вредных химических веществ и средство рассеивания остаточных выбросов в атмосфере.

К л ю ч е в ы е с л о в а: эжекторы; вытяжная вентиляционная система.

The presented results theoretical and experimental studies of the features of the ejector in composition exhaust ventilation system, containing blander selected bad chemical material and facility of the diffusing remaining surge in atmosphere.

К e y w o r d s: ejectors; exhaust ventilation system.

При необходимости отсоса из укрытия местной вытяжной вентиляции значительных по объему газовых смесей применяют эжектор вместо высокопроизводительного вентилятора во взрывобезопасном исполнении. Основным недостатком эжектора является относительно невысокий коэффициент полезного действия, не превышающий 45 %. В системах местной вытяжной вентиляции получили применение преимущественно эжекторы, в которых в качестве побудителя отсоса вредных выделений используется вентилятор [1].

Единая классификация эжекторов отсутствует, типизированы они с расходом эжектируемого газа от 1000 до 12000 м³/ч при аэродинамическом сопротивлении перед ними до 300 Па и за его диффузором до 50 Па, при коэффициенте смешивания отсасываемого газа к активному газу вентилятора $\beta = 1$ [1, 2]. В реальных условиях коэффициент смешивания газов может изменяться в широком диапазоне, необходима очистка образуемых в укрытии вредных химических веществ (ВХВ) и эффективное рассеивание в атмосфере остаточных выбросов. Это приводит к необходимости иметь иные характеристики, чем у эжектора типизированного ряда.

Выполненными исследованиями определены условия и граничные параметры эжектора в составе вытяжной вентиляционной системы и установлена взаимозависимость параметров входящих в нее устройств, позволяющая определить наиболее рациональное их соотношение.

На рис. 1 приведена схема эжекторно-вентиляционной системы с очисткой газовой смеси от ВХВ и рассеиванием выбросов. В схеме приняты обозначения:

L_1 — расход отсасываемой газовой смеси, м³/с; $L_{в1}$ — расход активного воздуха вентилятора, м³/с; V_1, V_2 — скорость активного газа на выходе из сопловой насадки эжектора и отсасываемого газа соответственно, м/с; V_3^c ($V_3^{\max}$) — максимальная скорость смешиваемых потоков, м/с; P_1, P_2, P_3 — давление активного, отсасываемого и смешанного газов соответственно, Па; t — температура газа, °С; ρ_v — плотность воздуха, кг/м³; ΔP — перепад давления, Па. Нижние индексы параметров: 0 — на выходе из укрытия местной вытяжной вентиляции; 1 — на выходе из сопловой насадки эжектора; 2 — на входе в смесительную камеру; 3 — на выходе из смесительной камеры; 4 — на выходе из диффузора.

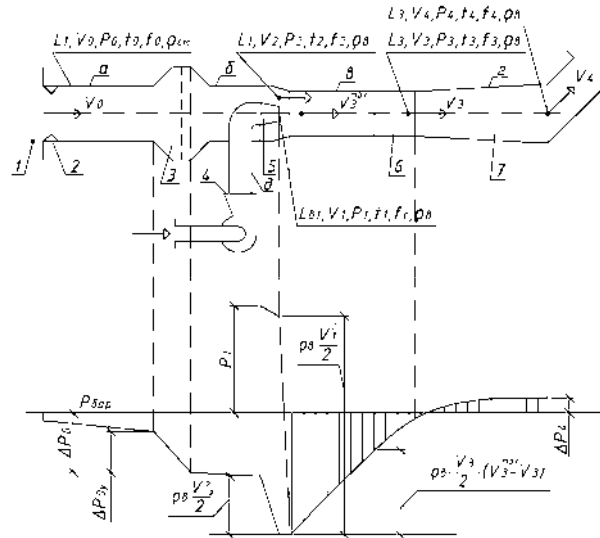


Рис. 1. Схема эжекторно-вентиляционной системы и обозначение параметров отсоса ВХВ: 1 — укрытие; 2 — диафрагма; 3 — очистное устройство; 4 — вентилятор; 5 — сопловая насадка эжектора; 6 — смесительная камера; 7 — диффузор; а, б, в, г — участки воздуховодов

Условиями, определяющими отсос ВХВ эжектором, являются:

скорость V_0 отсоса из укрытия газовой смеси с ВХВ;

общее аэродинамическое сопротивление перед эжектором ΔP_0 , включающее сопротивление очистной установки ΔP_{oy} и сопротивление воздуховода ΔP_v до эжектора на участках а и б, т.е. $\Delta P_0 = \Delta P_{oy} + \Delta P_v$;

параметры эжектора и вентилятора, при которых преодолевается сопротивление ΔP_0 , повышается давление на величину ΔP_3 на выходе из эжектора до давления P_3 не ниже барометрического давления P_6 и превышающее его на величину ΔP_4 для обеспечения скорости газа V_4 в устройстве рассеивания остаточных выбросов из очистного устройства в атмосфере.

Общее уравнение количества движения газового потока от входа в эжектор до диффузора при плотности очищенной смеси $\rho_{см} \cong \rho_v$ —

$$L_{в1} \cdot V_1 + L_1 \cdot V_2 = (L_{в1} + L_1) \cdot V_3^c. \quad (1)$$

Обозначив отношение $L_1/L_{в1} = \beta$ и $V_2/V_3^c = m$, зависимость (1) преобразуем к виду

$$V_1 = (1 + \beta - m \cdot \beta) \cdot V_3^c. \quad (2)$$

Кинетическая энергия на начальном участке смесительной камеры равна $E_2 = (L_{в1} + L_1) \cdot \rho_v \cdot (V_3^c)^2 / 2$, энергия от действия активного газа вентилятора $E_1 = L_{в1} \cdot (\rho_v \cdot V_1^2 / 2 - \Delta P_0 - \rho_v \cdot V_2^2 / 2)$ реализуется на потери энергии при внезапном расширении газовых потоков $E_3 = (L_{в1} + L_1) \cdot \rho_v \cdot (V_3^c - V_3)^2 / 2$, на потери энергии при смешивании двух потоков по формуле Карно — Борда $E_4 = L_{в1} \cdot \rho_v \cdot V_1^2 / 2 + L_1 \cdot \rho_v \cdot V_2^2 / 2 - (L_{в1} + L_1) \cdot \rho_v \cdot (V_3^c)^2 / 2$, на потери в диффузоре $E_5 = \xi_{диф} \cdot \rho_v \cdot V_3^2 / 2$, на преодоление сопротивления перед эжектором $E_6 = L_1 \cdot \Delta P_0 / \rho_v$ и на повышение перепада давления $E_7 = (L_{в1} + L_1) \times (\Delta P_3 + \Delta P_4) / \rho_v$, тогда при балансе энергий $E_1 = E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 + E_7$ будем иметь:

$$\begin{aligned} L_{в1} \cdot P_1 / \rho_v = L_{в1} \cdot (V_1^2 / 2 - V_2^2 / 2 - \Delta P_0 / \rho_v) = L_1 \cdot \Delta P_0 / \rho_v + (L_{в1} + L_1) \times \\ \times \Delta P_3 / \rho_v + L_{в1} \cdot V_1^2 / 2 + L_1 \cdot V_2^2 / 2 - (L_{в1} + L_1) \cdot (V_3^c)^2 / 2 + (L_{в1} + L_1) \times \\ \times (V_3^c - V_3)^2 + (L_{в1} + L_1) \cdot \xi_{диф} \cdot V_3^2 / 2 + (L_{в1} + L_1) \cdot \Delta P_4 / \rho_v. \end{aligned} \quad (3)$$

Для получения максимальных значений $\Delta P_0 + \Delta P_3 + \Delta P_4$ создаваемое динамическое давление в начале камеры смешения потоков $\rho_v \cdot V_3^c / 2$ расходуется на динамическое давление перед камерой $\rho_v \cdot V_2^2 / 2$, на потери давления при внезапном расширении потока $\rho_v \cdot (V_3^c - V_3)^2 / 2$, на потери давления в диффузоре $\xi_{диф} \cdot V_3^2 / 2$, тогда из зависимости (3) получим:

$$\rho_v \cdot (V_3^c)^2 / 2 = \rho_v \cdot V_2^2 / 2 + \rho_v \cdot (V_3^c - V_3)^2 / 2 + \xi_{диф} \cdot \rho_v \cdot V_3^2 / 2 + \Delta P_0 + \Delta P_3 + \Delta P_4. \quad (4)$$

Для определения условия максимально реализуемой величины перепадов давления $\Delta P_0 + \Delta P_3 + \Delta P_4$, продифференцировав зависимость (4) при $V_2 = \text{const}$, будем иметь

$$V_3^c = (1 + \xi_{диф}) \cdot V_3. \quad (5)$$

Из зависимости (4) следует, что преодолению повышенного перепада давления в очистном устройстве $\Delta P_{0у}$ способствует уменьшенная скорость газа перед эжектором V_2 и уменьшенное сопротивление за эжектором. С учетом зависимости (4) определено уравнение, учитывающее влияние факторов на допустимое сопротивление перед эжектором:

$$\Delta P_0 = (1 + \xi_{диф}) \cdot \rho_v \cdot V_3^2 / 2 - \rho_v \cdot V_2^2 / 2 - \Delta P_3 - \Delta P_4. \quad (6)$$

Уменьшенная скорость V_2 достигается при снижении скорости отсоса смеси из укрытия и аэродинамического сопротивления воздухопроводов *a* и *б*.

Поскольку газ из сопла эжектора поступает в камеру смешивания с разрежением равным $\Delta P_0 + \rho_v \cdot V_2^2 / 2$, то полное давление вентилятора в выходном сечении сопла насадки при коэффициенте сопротивления ξ_1 будет равно

$$P_1 = \rho_v \cdot (1 - \xi_1) \cdot V_1^2 / 2 - (\Delta P_0 + \rho_v \cdot V_2^2 / 2 + \Delta P_3 + \Delta P_4). \quad (7)$$

Из зависимости (4) при введении показателя отношения скоростей $V_2/V_3^c = m$ и при использовании зависимостей (2) и (5) получим

$$\Delta P_0 + \Delta P_3 + \Delta P_4 = \rho_v \cdot \frac{(V_3^c)^2}{2} \cdot \frac{1 - m^2 \cdot (1 + \xi_{\text{диф}})}{1 + \xi_{\text{диф}}}. \quad (8)$$

Подставив выражение (5) в зависимость (4), получим максимальную скорость в камере эжектора:

$$(V_3^c)^2 = \frac{2 \cdot (\Delta P_0 + \Delta P_3 + \Delta P_4)}{\rho_v \cdot [m^2 \cdot (1 + \xi_{\text{диф}}) - \xi_{\text{диф}}]}. \quad (9)$$

Так как полезная работа эжектора равна $A_1 = L_1 \cdot (\Delta P_0 + \Delta P_3 + \Delta P_4)$, а работа, совершаемая газом вентилятора $A_{в1} = L_{в1} \cdot (\rho_v \cdot V_1^2 / 2 - \rho_v \cdot V_2^2 / 2 - \Delta P_0 - \Delta P_3 - \Delta P_4)$, статический коэффициент полезного действия эжектора равен

$$\eta_{\text{эж}} = \beta \cdot \frac{\Delta P_0 + \Delta P_3 + \Delta P_4}{\rho_v \cdot V_1^2 / 2 - \rho_v \cdot V_2^2 / 2 - \Delta P_0 - \Delta P_3 - \Delta P_4}. \quad (10)$$

Подставив в уравнение (10) значения V_1 из зависимости (2), $V_2 = m \cdot V_3^c$ и используя зависимость (9), коэффициент полезного действия будет равен:

$$\eta_{\text{эж}} = \beta \cdot \frac{1 - m^2 \cdot (1 + \xi_{\text{диф}})}{(1 + \beta - m \cdot \beta)^2 - 1 / (1 + \xi_{\text{диф}})}. \quad (11)$$

На рис. 2 приведен график изменения коэффициента полезного действия эжектора в зависимости от показателей β и m .

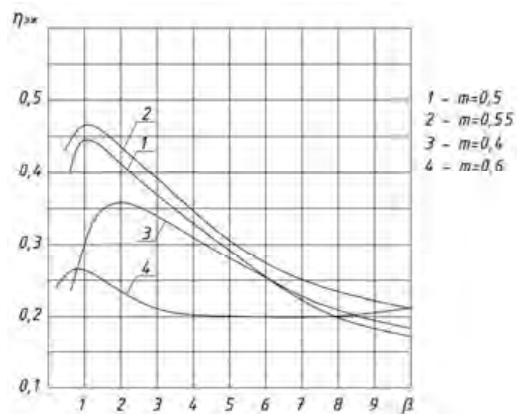


Рис. 2. Зависимость коэффициент полезного действия эжектора от изменения показателей β и m

Известно [4], что параллельные струи на определенном расстоянии сливаются и уменьшают зону смешивания потоков. Были проведены экспериментальные работы по определению влияния трех сопел насадки эжектора вместо одного сопла для определения уменьшения длины камеры смешивания, вызывающего снижение потерь давления в эжекторе. Были испытаны три сопла диаметром 29 мм каждый вместо одного диаметром 50 мм и сопло диаметром 90 мм. Место завершения выравнивания поля скоростей определялось измерением поля скоростей в воздуховоде диаметром 0,29 м на расстояниях 0,4, 1,5 и 2,0 м от насадки сопел. Скорость V_{min} измерялась на расстоянии 25 мм от стенки. Результаты опыта приведены в таблице.

Результаты опыта приведены в таблице.

Определение зоны завершения смешивания газовых струй

Диаметр сопловой насадки d_1 , мм	Скорость воздуха на срезе сопла, V_1 , м/с	Расход активного воздуха $L_{в1}$, м ³ /ч	Расход отсасываемого воздуха L_1 , м ³ /ч	Отношение $V_{\max}/V_{\min}$ на расстояниях l_k , м		
				0,4	1,5	2,0
90	19	435	1200	4,5	1,35	1,1
50	20	140	700	4,8	1,35	1,1
29×3	19,6	140	700	6,0	1,1	1,05

Из полученных данных следует, что применение ряда сопел вместо одного сокращает длину камеры смешивания до 15 %, и пропорционально снижает аэродинамические потери в камере эжектора.

Показатель эффективности работы эжектора в составе вентиляционной системы определяется не только его коэффициентом полезного действия, но и рациональным сочетанием параметров отсоса ВХВ, очистки смеси от ВХВ и рассеивания остаточных выбросов в атмосферном воздухе. Для этого с использованием зависимостей (2), (4), (5), (6) и (7) строится номограмма с целью определения мощности вентилятора при задаваемых значениях β и ΔP_o (рис. 3).

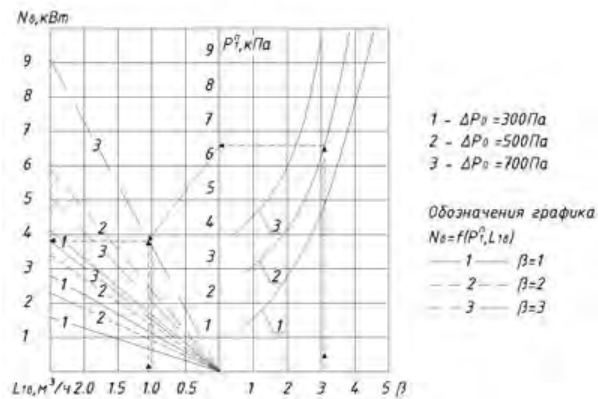


Рис. 3. Номограмма определения граничных параметров режима работы эжектора

Установлено, что при установке перед эжектором очистного устройства с гидравлическим сопротивлением $\Delta P_{oy} = 700$ Па коэффициент смешивания потоков должен быть не более $\beta = 3$. Повышенное сопротивление очистного устройства допустимо при $\beta < 3$.

Полученные расчетные зависимости и экспериментальные данные определяют режим отсоса вредных выделений из укрытия и связь параметров устройств вентиляционной системы, обеспечивающей установление наиболее энергетически рационального режима местной вентиляции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Внутренние санитарно-технические устройства : Ч. 3 : Вентиляция и кондиционирование. Эжекторные установки. М. : Стройиздат, 1992. С. 219—237.
2. Справочник проектировщика : ч. 2 : Вентиляция и кондиционирование воздуха / под ред. И.Г. Старовойтова. М. : Стройиздат, 1977. 502 с.
3. Каменев П.Н. Гидроэлеваторы и другие струйные аппараты. М. : Машстройиздат, 1950. 343 с.
4. Баулин В.В. О полях скоростей и давлений в простейших эжекторах // Вопросы совершенствования санитарной техники. 1975. № 160. С. 20—26.

Поступила в редакцию в ноябре 2008 г.

© Шашин А.В., 2008

УДК 621.3.01

Л.Р. Куш, В.Н. Злобин, В.М. Фокин

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГАЗОГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНЫХ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ

В целях совершенствования газогорелочных устройств, обеспечивающих минимизацию вредных выбросов дымовых газов, предложено использовать устройство с каталитической поверхностью, расположенное в зоне максимальной интенсивности горения факела.

К л ю ч е в ы е с л о в а: газогорелочные устройства; теплогенерирующие установки; токсичные продукты сгорания; вредные выбросы дымовых газов.

In order to improve gas-burning jets, providing the minimization of harmful emissions of combustion gases, the authors suggest applying a jet with catalytic surface, located in the zone of maximum intensity of torch burning.

К е y w o r d s: gas-burning jets; heat-generating plants; toxic products of burning; harmful emissions of combustion gases.

При сжигании природного газа в отопительных, промышленных котельных и городских ТЭЦ неизбежно образуются токсичные вещества, среди которых долю оксидов азота, с учетом их более высокой токсичности, в загрязнении атмосферного воздуха можно оценить в 30...35 %. Кроме того, при неблагоприятных условиях топочного режима при сжигании природного газа могут образовываться продукты незавершенного сгорания в виде сажи, окиси углерода и канцерогенных полициклических углеводородов. В связи с этим совершенствование и внедрение методов сжигания газа, предотвращающих или снижающих до минимума образование продуктов незавершенного сгорания и оксидов азота при поддержании наибольшей эффективности работы котлов и печей, является важной научно-технической проблемой.

Газогорелочные устройства котлов относятся в основном к устройствам, обеспечивающим частичное смешение газа с воздухом в амбразуре и выгорание в несветящемся (или слабосветящемся) факеле. При этом сжигание газа осуществляется в вихревом (закрученном) потоке, обеспечивающем уменьшение длины факела, хорошие условия стабилизации пламени. В силу недостаточной изученности турбулентного горения, характера движения газа в турбулентном потоке, на рис. 1 приведена примерная схема факела.

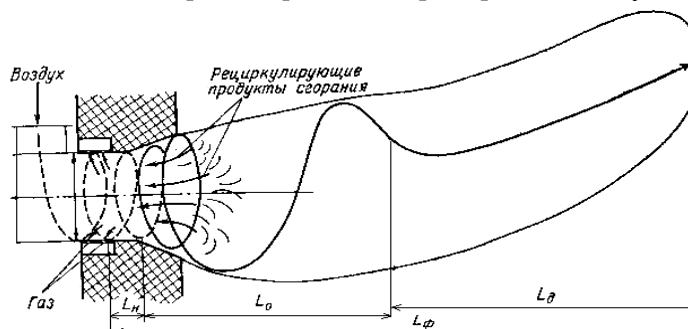


Рис. 1. Схема факела вихревой горелки

На начальном участке протяженностью L_n происходит молярное перемешивание струй газа с воздухом и частичный подогрев смеси за счет перемешивания с горячими рециркулирующими продуктами сгорания в полости горелки. На этом участке при $L_n < 0,5d$ горение отсутствует (d — диаметр газовой насадки). Это положение подтверждается данными, которые получены авторами [1, 2]. На основном участке факела $L_0 = (0,5...3)d$ происходит смешение холодного газозвушного потока с рециркулирующими продуктами сгорания и выгорание основного количества топлива (90...96 %). Зона догорания L_d является областью завершения процесса горения, в которой концентрации топлива и окислителя еще более снижаются из-за значительного разбавления продуктами сгорания. В этой области осуществляется догорание 4...10 % горючих (окиси углерода и водорода) до углекислого газа и водяных паров.

Обобщая результаты многочисленных исследований, И.Я. Сигал, Л.М. Цирульников [1, 12] предложили зональные схемы образования оксида азота в факеле, в соответствии с которыми зона образования оксидов азота в факеле находится в области максимальных температур, где интенсивность процесса горения имеет максимальное значение, что подтверждается рис. 2 [9].

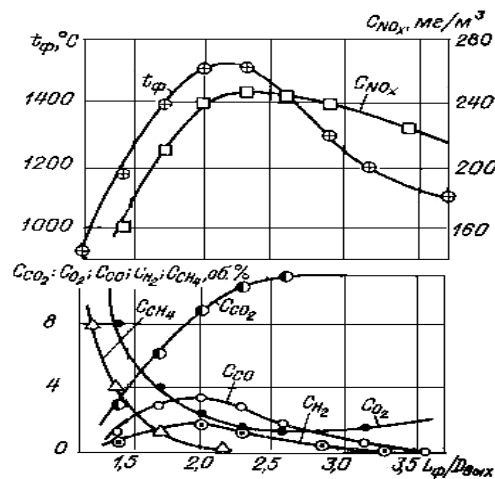


Рис. 2. Изменение концентраций продуктов сгорания NO_x и температуры t_{ϕ} по длине факела, отнесенной к выходному диаметру амбразуры $D_{\text{вых}}$, для горелки ВТИ, смонтированной на котле ПТВМ-50

Из рис. 2 следует, что образование оксидов азота начинается с момента вступления в реакцию горения газозвушной смеси, далее реакция синтеза оксида азота протекает совместно с горением топлива и завершение образования оксида азота в факеле совпадает с окончанием зоны интенсивного горения. Эта зона характеризуется наличием промежуточных продуктов термического распада метана (оксида углерода CO и молекул водорода H_2) и концентрациями углекислого газа CO_2 , кислорода O_2 , близкими к конечным значениям. Также видно, что концентрация NO_x достигает максимальных значений на участке $L_{\phi}^* = L_{\phi} / D_{\text{вых}} = 2,5$, в котором концентрация углеводородов стремится к нулю, а концентрации оксида углерода и водорода приближаются к максимальным значениям.

Анализ полей концентраций горючих компонентов, оксида азота, а также полей температур в вихревом факеле позволяет установить следующие закономерности процесса горения:

образование NO происходит непосредственно в зоне горения; плоскость факела, в которой происходит наиболее интенсивное образование оксида азота, совпадает с плоскостью окончания выгорания основного углеводородного топлива и соответствует плоскости, в которой концентрации окиси углерода и водорода имеют максимум;

при факельном горении газа концентрация оксида азота характеризуется ростом на участке, соответствующем зоне максимальной интенсивности горения, расположенной в корне факела по обе стороны от плоскости максимальных температур и в дальнейшем не меняется по длине факела;

образование NO имеет место на ограниченном участке факела, расположенном между $L_1^* = 1$ и $L_2^* = 2,5$.

Таким образом, устройство с каталитической поверхностью для нейтрализации токсичных продуктов сгорания следует располагать на основном участке вихревого факела L_0 (рис. 1) в зоне $L_0^* = 1 \dots 2,5$, в которой происходит наиболее интенсивное образование оксидов азота. Основные компоненты токсичных продуктов сгорания газозвоздушного топлива, соприкасаясь с каталитической поверхностью устройства, будут восстанавливаться на катализаторе и доокисляться кислородом, активированной поверхностью катализатора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. Л. : Недра, 1988. 311 с.
2. Спейшер В.А., Горбаненко А.Д. Повышение эффективности использования газа и мазута в энергетических установках. М. : Энергоатомиздат, 1991. 184 с.
3. Ахмедов Р.Б. Дутьевые горелочные устройства. М. : Недра, 1970. 407 с.
4. Зельдович Б.Я., Садовников П.Я., Франк-Каменский Д.А. Окисление азота при горении. М. : Наука, 1947. 146 с.
5. Гуревич Н. А. повышение эффективности процесса термического обезвреживания газовых выбросов : автореф. ...дис. канд. техн. наук. Киев, 1975. 20 с.
6. Исследование выхода окислов азота при сжигании топлива в факеле и псевдоожигенном слое / И.Я. Сигал, К.Е. Махорин, К.И. Ильченко, Н.А. Гуревич // Теплоэнергетика. 1974. № 12. С. 30—33.
7. Лавров Н.В., Федоров Н.А. Некоторые особенности высокотемпературного горения газа // Газовая промышленность. 1973. № 8. С. 35—38.
8. Росляков П.В. Исследование механизма образования окислов азота в топке с пересекающимися струями // Исследование процессов в современных парогенераторах. М. : МЭИ, 1975. С. 54—59.
9. Кривоногов Б.М. повышение эффективности сжигания газа и охрана окружающей среды. Л. : Недра, 1986. 280 с.
10. Fenimore C.P. Formation of nitric oxide from fuel nitrogen in ethylene flames // Combustion and Flames. 1972. V. 19. № 2. P. 289—296.
11. Harries R.S., Nasfall M., Williams A. A formation on oxides of nitrogen in high temperature CH_4 - O_2 - N_2 - flame // Combustion Science and Technology. 1976. № 4. P. 85—94.
12. Цирульников Л.М. Исследование процессов образования токсичных и агрессивных продуктов горения и разработка способов уменьшения их концентрации в выбросах газомазутных котлов : автореф. ...дис. д-ра техн. наук. Л., 1982.
13. Крыжановский В.Н., Сигал А.И. Динамика образования окиси азота в «низкотемпературной» области нормального фронта // Распределение и сжигание газа. Саратов : СПИ, 1977. Вып. 3. С. 48—53.

© Куц Л.Р., Злобин В.Н., Фокин В.М., 2008

Поступила в редакцию в ноябре 2008 г.

УДК 697.982:691.215.1

И.Д. Губанов

О СНИЖЕНИИ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ МЕСТНЫМИ ОТСОСАМИ В УКРЫТИЯХ КОНВЕЙЕРОВ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ИЗВЕСТНЯКА

Предложено использование местных отсосов с функцией пылеуловителя в двухступенчатой системе пылеулавливания вместо пылеуловителя первой ступени очистки с целью повышения эффективности очистки воздуха и уменьшения размеров конструкции.

К л ю ч е в ы е с л о в а: обеспыливание; пылеуловители промышленные; местные отсосы пыли.

To raise of efficiency of air purification from a dust in various industries apply two-level system of a dust separation which, as a rule, has a bulky design. In this connection there is an alternative solution: instead of a deduster of a prime of clearing it is possible to use a local suction with deduster function.

К e y w o r d s: dust-removal; industrial dust collectors; local dust suction units.

Перегрузка сыпучих материалов является наиболее распространенной операцией при различных процессах переработки минерального сырья: при добыче и обогащении руд и углей, окусковании концентратов, подготовке шихты в черной и цветной металлургии, производстве строительных материалов. Процесс движения сыпучих материалов сопровождается значительным пылевыделением [1].

Интенсивность пылевыделений зависит как от вида технологических операций и физико-механических свойств перерабатываемого материала, так и от наличия средств борьбы с пылевыделениями [1].

Среди способов обеспыливания узлов перегрузки сыпучих материалов можно выделить два основных:

- увлажнение материалов и гидрообеспыливание;
- обеспыливающая вентиляция (аспирация).

Первый способ считается наиболее эффективным. Однако он не нашел широкого применения из-за энергетических затрат на высушивание увлажненного материала.

Более универсальным и в то же время эффективным является второй способ (сухой способ обеспыливания), поэтому заслуживает отдельного рассмотрения.

При сухом способе обеспыливания важнейшее значение имеет уменьшение выбросов в атмосферу, для этого применяются различные аппараты очистки. Наиболее часто применяемые из них — это матерчатые фильтры (рукавные, кассетные), электрофильтры и инерционные пылеуловители (циклоны, ПВ ВЗП).

Самую высокую эффективность пылеулавливания имеют электрофильтры и матерчатые фильтры [2], поэтому инерционные пылеуловители могут использоваться либо на крупных фракциях пыли, либо устанавливаться перед высокоэффективными пылеуловителями как первая ступень очистки.

На примере циклона ЦН-15 можно оценить работу инерционного пылеуловителя на мелкой пыли. Исследования проводились на известняке, одном

из самых распространенных материалов, используемых в производстве. Были взяты пробы пыли известняка от узла перегрузки сыпучих материалов перед пылеуловителем и после него. Система обеспыливающей вентиляции, из которой производился отбор проб, кроме циклона, включает в себя местный отсос от укрытия конвейера и воздухопроводы.

Проведенный дисперсионный анализ проб пыли выявил, что пыль известняка перед входом в циклон имеет медианный диаметр $d_{50}=15$ мкм, диапазон изменения крупности частиц от 3 до 27 мкм; пыль на выходе из циклона — $d_{50}=12$ мкм, диапазон изменения крупности частиц от 3,3 до 18 мкм (рис. 1).

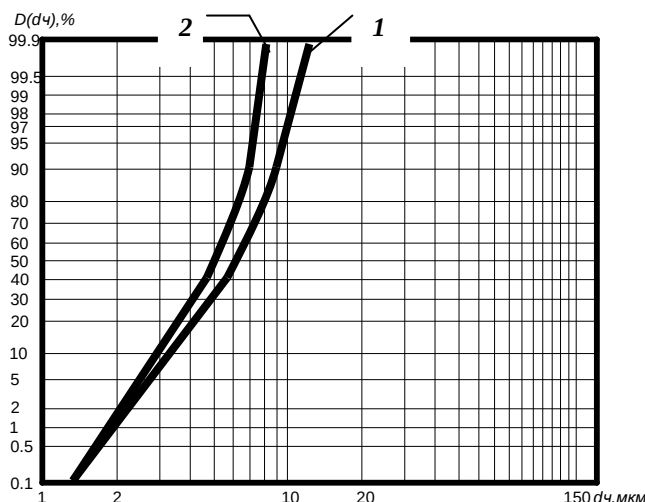


Рис. 1. Интегральная кривая распределения массы частиц известня по диаметрам в вероятностно-логарифмической сетке отобранной из системы аспирации узла перегрузки шихты: 1 — перед циклоном; 2 — после циклона

По результатам дисперсионного анализа можно сделать вывод, что циклон уловил частицы пыли известняка диапазоном крупности от 18 до 27 мкм, соответственно, частицы пыли от 3 до 18 мкм выброшены в атмосферу.

Очевидно, в данном случае необходима более эффективная система пылеулавливания, состоящая из двух ступеней очистки. В качестве первой ступени лучше применить пылеуловитель со встречными закрученными потоками (ПВ ВЗП), так как он имеет более высокую эффективность пылеулавливания, чем циклон [3], на второй — рукавный фильтр. ПВ ВЗП будет улавливать более крупную пыль, выполняя функцию разгрузителя для рукавного фильтра, рукавный фильтр уловит оставшуюся мелкую пыль с высокой степенью очистки.

Несмотря на эффективность двухступенчатой схемы очистки, она весьма громоздка, и в ряде случаев могут возникнуть проблемы с ее размещением, так как пространство в производственных условиях зачастую ограничено. В связи с этим существует альтернативное решение: вместо пылеуловителя первой ступени очистки можно использовать местный отсос-пылеотделитель, который снизит концентрацию пыли, тем самым уменьшив интенсивность «зарастания» воздухопроводов и пылевую нагрузку на рукавный фильтр, возвратит часть пылевидного материала в технологический процесс. При этом дан-

ное устройство имеет компактную конструкцию, что значительно упрощает задачу размещения всей системы обеспыливания.

Предложенное устройство (рис. 2) содержит корпус 1, размещаемый над технологическим оборудованием (не показано на рис.), отсасывающую воронку 2, выполненную в виде усеченного конуса, большее основание которого соединено с корпусом, аспирационный воздуховод 3, установленный соосно с отсасывающей воронкой 2 и аспирационным воздуховодом 3 конический пылеуловитель 4. В верхней части пылеуловителя 4 выполнены всасывающие элементы в виде тангенциальных патрубков 5, вокруг которых установлена с возможностью вращения кольцевая камера 6, снабженная окнами 7, число которых соответствует числу указанных тангенциальных патрубков 5, а размеры соответствуют размерам входного отверстия тангенциальных патрубков 5. В нижней части пылеуловителя 4 установлен завихритель, выполненный в виде отрезка трубы 8 с тангенциальными вводами 9, к которой прикреплена отбойная шайба 10. На выходе пылеуловителя 4 размещен пылесборник 11, снабженный шлюзовым затвором 12. Вращение кольцевой камеры 6 обеспечивает привод, включающий рукоятку 13, соединенную с шестеренкой 14, находящейся в зацеплении с зубцами 15, расположенными по краю кольцевой камеры 6. Пылеуловитель 4 прикреплен к отсасывающей воронке 2 с помощью болтов с гайками 16. Герметизация зазоров между кольцевой камерой 6 и пылеуловителем 4, кольцевой камерой 6 и аспирационным воздуховодом 3 обеспечивается гибкими вставками.

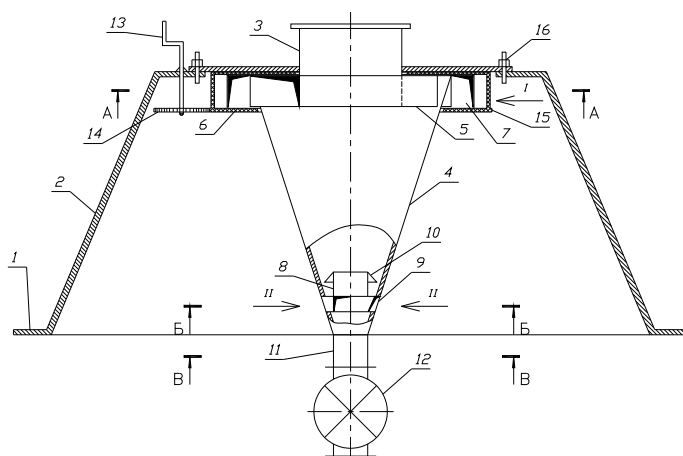


Рис. 2. Местный отсос-пылеотделитель с принципом ВЗП

Устройство работает следующим образом. Запыленный воздух из корпуса 1 и отсасывающей воронки 2, обтекая пылеуловитель 4, поступает в него через всасывающие тангенциальные патрубки 5 и через всасывающие тангенциальные вводы 9. При этом первичный (основной) поток I запыленного воздуха, который поступает внутрь пылеуловителя 4 через тангенциальные патрубки 5, закручивается и движется сверху вниз, перемещая частицы пыли под отбойную шайбу 10 в пылесборник 11. Вторичный поток II запыленного воздуха (расход которого меньше, чем расход первичного потока) поступает в пылеуловитель 4 через тангенциальные вводы 9, за счет чего закручивается и движется снизу вверх, причем в отрезке трубы 8 завихритель происходит

разделение потока запыленного воздуха на две части. Первая часть, с повышенной концентрацией пыли, вращается в периферийной зоне завихрителя, а вторая, с пониженной концентрацией пыли, — в центральной части завихрителя. После выхода в конический пылеуловитель часть потока с пониженной концентрацией пыли оттесняет часть потока с повышенной концентрацией пыли к стенкам пылеуловителя. Вращение первичного и вторичного потоков воздуха внутри пылеуловителя 4 имеет одно направление. При взаимодействии потоков воздуха усиливаются центробежные силы, действующие на частицы пыли, которые эффективно отбрасываются к стенке пылеуловителя 4. Описанные выше явления повышают эффективность отделения пыли от воздуха, в результате чего очищенный воздух выводится через аспирационный воздуховод 3, а отделенные частицы поступают в пылесборник 11 и через шлюзовую затвор 12 высыпаются на ленту конвейера. Кольцевая камера 6, снабженная окнами 7, число которых соответствует числу тангенциальных патрубков 5, а размеры соответствуют размерам входного отверстия тангенциальных патрубков 5, служит для регулирования расхода первичного потока воздуха I. При вращении кольцевой камеры 5 происходит смещение отверстий 7 относительно отверстий всасывающих патрубков 5, что обеспечивает возможность изменять площадь входных отверстий для первичного потока I запыленного воздуха. Таким образом, при уменьшении этой площади повышается аэродинамическое сопротивление во всасывающих патрубках 5, а расход первичного потока запыленного воздуха уменьшается. Вращение кольца осуществляется за счет ручного привода, выполненного в виде рукоятки 13, соединенной с шестеренкой 14, находящейся в зацеплении с зубцами 15, расположенными по краю кольцевой камеры 6. По поверхности пылеуловителя кольцевая камера движется с использованием шарикоподшипников.

Вышеописанное устройство является аналогом других местных отсосов-пылеотделителей, например, таких как местный отсос с закручивателем и местный отсос циклонного типа [4, 5]. Однако принцип работы данного устройства основан на принципе работы ПВ ВЗП, поэтому можно предположить, что это устройство имеет более высокую эффективность по сравнению с аналогами, в основе работы которых заложен принцип циклона. После проведения лабораторных и промышленных испытаний данного аппарата его можно было бы рекомендовать к использованию в производстве строительных материалов, горной, металлургической и других отраслях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Логачёв И.Н., Логачёв К.И.* Аэродинамические основы аспирации : монография. СПб. : Химиздат, 2005. 659 с.
2. Экотехника. Защита атмосферного воздуха от выбросов пыли, аэрозолей и туманов / Холдинговая группа «КОНДОР ЭКО — СФ НИИОГАЗ» ; под ред. Л.В. Чекалова. Ярославль : Русь, 2004. 424 с.
3. *Азаров В.Н.* Пылеуловители со встречными закрученными потоками. Опыт внедрения : монография. Волгоград : Политехник, 2003. 136 с.
4. Разработка эффективных местных отсосов пыли от шихтовых бункеров бентонита и известняка ЦПО ССГПО : отчет / ВНИИБТГ ; Логачёв И.Н., Черненко Л.М. и др. Кривой Рог, 1989. 90 с.
5. Аспирационное укрытие места загрузки ленточного конвейера : а. с. СССР 1686185. / И.Н. Логачёв, С.И. Задорожный, А.Я. Швеиц, А.Д. Ратошнюк. 1991. Бюл. № 39.

© Губанов И.Д., 2008

Поступила в редакцию в ноябре 2008 г.

УДК 536.24

А.В. Ковылин, В.М. Фокин**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ МЕТОДОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ ИТП-МГ4.03 «ПОТОК»**

Приведены методика, эксперименты, расчеты по определению теплофизических свойств строительных материалов ограждающих конструкций зданий методом неразрушающего контроля с использованием новейшего электронного прибора.

К л ю ч е в ы е с л о в а: ограждающие конструкции зданий; неразрушающий контроль; строительные материалы, теплофизические свойства.

The paper gives a method, experiments and calculations for the determination of the thermal-physical properties of construction materials of building envelope through method of non-destructive test applying the latest electronic gauge.

К е у w o r d s: building envelope; non-destructive test; construction materials, thermal-physical properties.

В настоящее время одной из наиболее актуальных проблем является поиск и создание энергосберегающих мероприятий в технологических процессах. Большую роль в этом играют знания теплофизических свойств (ТФС) и характеристик ограждающих конструкций зданий, которые потребляют значительное количество тепловой энергии.

Проблемы энергосбережения и снижения потерь теплоты в окружающую среду влияют на экологическую ситуацию и капитальные затраты. Для решения этих задач нужно знать теплопроводность, температуропроводность и теплоемкость строительных материалов.

Предлагаемый метод определения ТФС ограждающих конструкций основан на измерении температур и тепловых потоков на поверхности, без внедрения вглубь материала. Эксперименты проводились с использованием электронного измерителя плотности тепловых потоков ИТП-МГ4.03 «Поток». Тепломер имеет 2 датчика температуры, которые были установлены на наружной и внутренней стенках жилого кирпичного здания из силикатного кирпича, толщиной 0,7 м. Кроме того, один датчик для измерения тепловых потоков был установлен на наружной стене строения.

На рис. 1 приведены экспериментальные распределения по часам в течение суток с интервалом в один час температуры поверхности внутренней $T_{вн}$ и наружной стенки $T_{нар}$, °С, температуры внутреннего $T_{вн.в}$ и наружного воздуха $T_{нар.в}$, °С, теплового потока на наружной $q_{нар}$ поверхности стенки, Вт/м².

Максимальная плотность теплового потока наблюдалась в ночные часы и составила $q_n^{\max} = 17,1$ Вт/м². Минимальная плотность теплового потока наблюдалась в дневные часы и составила $q_n^{\min} = 10,4$ Вт/м².

При максимальной плотности теплового потока $q_n^{\max} = 17,1$ Вт/м² температура наружной стены составляла $t_{нар} = 0,5$ °С, температура внутренней стены $t_{вн} = 15,3$ °С, разность температур наружной и внутренней стенки $\Delta t = 15,3 - 0,5 = 14,8$ °С, толщина однородной стены здания составила $\delta = 0,7$ м.

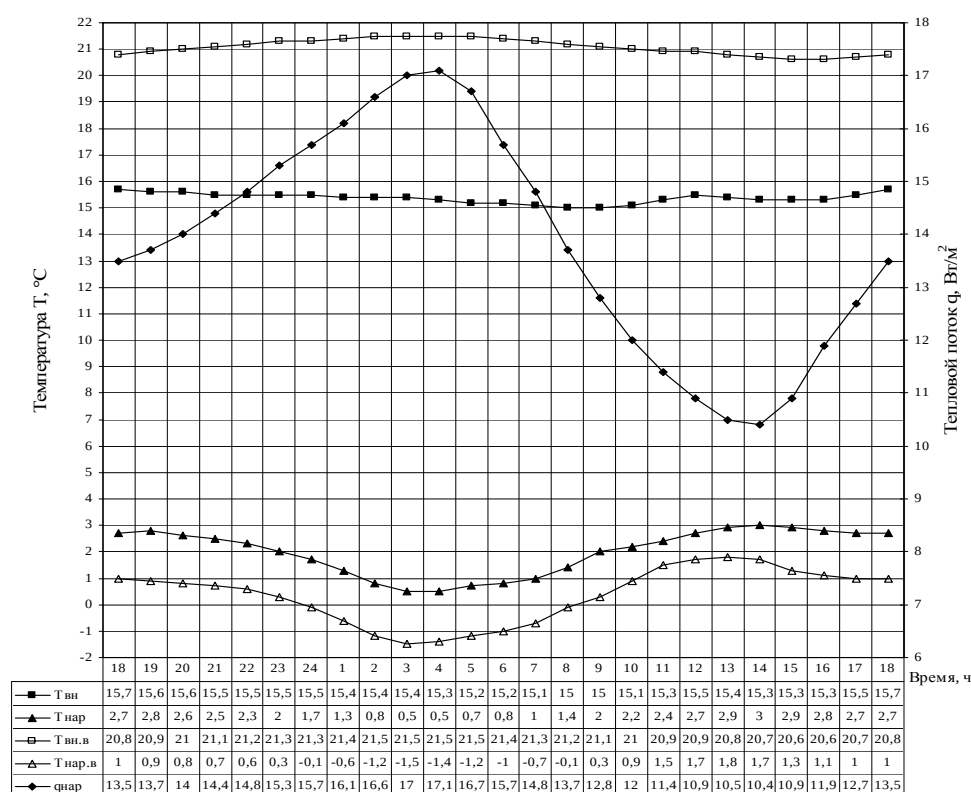


Рис. 1. Экспериментальные распределения температур ограждающей конструкции здания (27—28 ноября 2008 г.)

С использованием методики, разработанной на кафедре энергоснабжения и теплотехники [1], и полученных экспериментальных данных был произведен расчет коэффициента теплопроводности λ , Вт/(м·К), объемной теплоемкости (c_p), кДж/(м³·К), коэффициента температуропроводности a , м²/с.

Для определения коэффициента теплопроводности использовались показатели температуры поверхности внутренней $T_{вн}$ и наружной стенки $T_{нар}$, °C, максимальный тепловой поток на наружной поверхности стенки $q_{нар}$, Вт/м². Коэффициент теплопроводности λ определяется по формуле

$$\lambda = (q_{п}^{\max} \delta) / (t_{вн} - t_{нар}) = (17,1 \cdot 0,7) / (15,3 - 0,5) = 0,8 \text{ Вт/(м·К)}. \quad (1)$$

Максимальная амплитуда колебаний температурной волны $\vartheta_{п}^{\max}$, °C, на наружной поверхности ограждения здания между 4 и 14 ч составила

$$\vartheta_{п}^{\max} = 0,5(t_1 - t_2) = 0,5(3 - 0,5) = 1,2, \quad (2)$$

где $t_1 = 3$ °C — температура наружной стенки в 14 ч; $t_2 = 0,5$ °C — температура наружной стенки в 4 ч.

Коэффициент теплоусвоения ограждения определяется по формуле

$$B = q_{п}^{\max} / \vartheta_{п}^{\max} = 17,1 / 1,2 = 14,3 \text{ Вт/(м²·К)}. \quad (3)$$

Для определения объемной теплоемкости использовались коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К), рассчитанный по (1), и максимальная ампли-

туда колебаний температурной волны $\vartheta_n^{\max}$, °С, рассчитанная по (2). Объемная теплоемкость ограждения определяется по формуле

$$(ср) = (B^2 z) / (\lambda \cdot 2\pi) = (205 \cdot 6000) / (0,8 \cdot 2 \cdot 3,14) = 1468949 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}), \quad (4)$$

где $z = 36000$ с — полный период колебаний температуры на наружной поверхности ограждения.

Коэффициент температуропроводности ограждения здания определяется по (5) и составляет

$$a = \lambda / (ср) = 0,8 / 1500000 = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}. \quad (5)$$

Рассчитанные значения коэффициента теплопроводности λ , объемной теплоемкости $(ср)$, коэффициента температуропроводности a , приведены в таблице. Табличные значения этих коэффициентов выбраны из справочной литературы [2].

Теплофизические свойства ограждающей конструкции здания с использованием электронного измерителя плотности тепловых потоков ИТП-МГ4.03 «Поток»

Наименование	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К)	Объемная теплоемкость $(ср)$, кДж/(м ³ ·К)	Коэффициент температуропроводности a , м ² /с
Электронный измеритель плотности тепловых потоков ИТП-Г4.03 «Поток»	0,8	1500	$0,5 \cdot 10^{-6}$
Табличные значения	0,81...1,0	1650...1800	$0,45...0,61 \cdot 10^{-6}$

Значения коэффициента теплопроводности λ , объемной теплоемкости $(ср)$, коэффициента температуропроводности a , полученные с использованием электронного измерителя плотности тепловых потоков ИТП-МГ4.03 «Поток», согласуются с табличными (литературными) значениями этих коэффициентов [2]. Расхождение рассчитанных значений с табличными не превышает 10 %.

Предложенная методика определения ТФС свойств ограждающих конструкций зданий позволяет достаточно точно определить коэффициент теплопроводности λ , объемную теплоемкость $(ср)$, коэффициент температуропроводности a методом неразрушающего контроля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фокин В.М. Научно-методологические основы определения теплофизических свойств материалов методом неразрушающего контроля. М. : Машиностроение-1, 2003. 140 с.
2. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент : справочник / Е.В. Аметистов, В.А. Григорьев, Б.Т. Емцев и др.; под общ. ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. М. : Энергоиздат, 1982. 512 с. (Теплоэнергетика и теплотехника).

© Ковылин А.В., Фокин В.М., 2008

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

**ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ
И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ.
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

УДК 721.011

В.Э. Волынский

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ФОРМООБРАЗОВАНИЕ И ЕГО АРХЕТИПЫ

Определена актуальная необходимость разветвления исследований по выявлению в архитектурных объектах, с одной стороны, их структурно-пространственных и геометрических свойств, которые приданы им в силу действия общих, не зависящих от людей, естественных законов существования материальных объектов в реальном пространстве, и, с другой стороны, определению схем пространственной организации объектов архитектуры, обусловленных антропометрическими факторами социального бытия людей.

К л ю ч е в ы е с л о в а: архетип; архитектурные системы.

The man always follows the general laws of formation of a material environment. The comparison of the «biological» descriptions of a structure of «animal» constructions to architectural structures convinces available of general receptions of their spatial organization. These general laws of construction of spatial formations by the man and animals are investigated very little. However already now it is possible to speak that the basic spatial property of environment is the function of life spatial places of activity of alive essences. Within the framework of my research and given clause in particular, the task of all-round finding — out of all phenomenon of geometrical partitioning of space in natural and artificial formations — is not put and the attention is concentrated only on the natural laws of a spatial structure of architectural objects.

К e y w o r d s: archetype; architectural systems.

Важнейшим понятием, которое характеризует сам факт проявления врожденных идей, является понятие архетипа. В аналитической психологии К.Г. Юнга понятие архетип¹ соотносится с бессознательной активностью лю-

¹ Архетипы (от греч. *arche* — начало + *typos* — образ) — элементы коллективного бессознательного. Представляют собой врожденные диспозиции, обуславливающие появление у конкретного индивида определенных мыслей, представлений, отношений, действий, снов. Архетипы, сохраняясь в форме коллективного бессознательного, присущего каждому индивиду, являются результатом многовекового опыта наших предков. При этом речь идет не о конкретном, четко очерченном представлении, образе или эмоции, но о некоторых врожденных предписаниях общего плана, побуждающих к активности или реагированию на ситуацию. Данные предписания приобретают конкретную, в том числе образную, форму уже в рамках той или иной культурной среды. Архетипы коллективного бессознательного, взятые в аспекте исходных форм, а не дальнейших конкретных выражений, Юнг соотносил с инстинктивным поведением животных. Как он писал, «...архетипы имеют не содержательную, но исключительно формальную характеристику, да и ту лишь в весьма ограниченном виде. Содержательную характеристику первообраз получает лишь тогда, когда он проникает в сознание и при этом наполняется материалом сознательного

дей. Наряду с инстинктами архетипы являются врожденными психическими структурами, находящимися в глубинах «коллективного бессознательного», и составляют основу общечеловеческой символики. В рассуждениях о врожденных качествах людей, нашедших отражение в их созидательной строительной деятельности, важно отметить те основания для их появления, которые способна предъявить современная наука. В приложении к исследуемому нами архитектурному феномену архетипы представляют собой:

врожденные условия интуиции, т.е. те составные части всякого опыта (будь то опыт пространственной ориентации или строительного созидания), которые априорно его определяют;

первобытные формы постижения внешнего мира, определившие необходимость создания убежища, схорона, западни и других видов пространственных «вместилищ»;

коллективный осадок исторического прошлого, хранящийся в памяти людей и составляющий нечто всеобщее, имманентно присущее человеческому роду, определяющее общественный характер жизнедеятельности человека и сознательную или бессознательную «договорность» норм его бытия.

Все вышесказанное может стать гипотезой, объясняющей наличие повторяющихся архитектурно-пространственных и планировочных ситуаций, характерных для традиционной, «народной» архитектуры «без архитекторов». Достаточно широко известны примеры строительства традиционных форм жилищ, из века в век репродуцируемые людьми практически без каких-либо существенных изменений: юрта, эскимосская иглу, индейский вигвам, русская изба, зимовья тунгусов и т.д. В каждом из таких случаев мы можем говорить о наличии архитектурного архетипа (рис. 1, а, б и в).



Рис. 1. Эскимосская иглу (а), вигвам индейцев Северной Америки (б), русская изба (в)

В своей книге «Структурная антропология» К. Леви-Стросс определяет бессознательное не как вместилище иррациональных биологических импульсов, а интеллектуализирует его: «Бессознательное — это формальная структура человеческого духа, инвариантный ансамбль законов его символической функции, который является общим для всех людей, первобытных и цивилизованных» [1].

опыта. Напротив, его форму можно сравнить с системой осей какого-нибудь кристалла, которая до известной степени преформирует образование кристалла в маточном растворе, сама не обладая вещественным существованием» (*Философский словарь*).

Обобщенно структурализм К. Леви-Стросса можно определить как попытку выявления глубинных универсальных ментальных структур, которые проявляются в структурах социума на всех уровнях. В его работах заложена основа философской концепции, предусматривающая анализ языка и его структуры с позиций социально-философского исследования человеческих отношений и их форм.

Архитектура как культурное явление имеет сходные с языком обусловленности формирования под воздействием проявления общественного сознания. Поэтому так важно исследование К. Леви-Стросса о том, как происходит взаимодействие общественных процессов, деятельности человека и форм ее реализации. Внимания заслуживают два важных вывода антрополога:

бессознательная умственная деятельность человека состоит в наделении всякого содержания формой;

эти формы, в основном, одинаковы для всех типов мышления, древнего и современного, первобытного и цивилизованного.

На этом основании К. Леви-Стросс пришел к заключению о существовании бессознательной структуры, лежащей в основе каждого социального установления или обычая. Это заключение позволяет обрести принцип истолкования, действенный и для других установлений и обычаев. В данном случае он отыскивал общие корни в мышлении, культуре, социальной жизни народов, стоящих на разных ступенях исторического развития, и исходил из предположения о том, что разные формы общественной жизни представляют в своей сути нечто общее. Все они являются системами поведения, каждая из которых есть некоторая проекция на плоскость сознательного и общественного мышления — всеобщих законов, управляющих бессознательной деятельностью человеческого духа [1].

Следуя этой логике, можно предположить, что устойчивые социальные системы определяют формирование искусственных систем архитектурно-пространственного характера. В выделенной для анализа архитектурной системе решающее значение придадим не материальным элементам (субстанции), а структуре расположения составляющих их элементов (реляционным отношениям).

Общество выражает себя через символические системы: языки, брачные правила, экономические отношения, науки, религию, ремесла, в том числе и через архитектуру. Стремясь дать рациональное объяснение культурным фактам, исследователи обращаются к базовым объективным процессам, располагающимся на уровне коллективного бессознательного. В частности, этнолога интересует, главным образом, не то, что люди думают, как они понимают и интерпретируют правила социальной жизни, а объективные бессознательные законы, управляющие жизнью помимо того, осознают это сами деятели или нет. Именно законы бессознательного раскрывают загадки функционирования норм человеческой жизни: брачные и семейные правила, правила удовлетворения потребности в пище, религиозные стереотипы, правила поведения в обществе, правила проживания в городе и деревне. Видимо, в проявлениях этих законов следует искать основу объяснения формирования пространственно-планировочных стереотипов в организации традиционных «народных» форм жилища, инвариантных планировочных формах древних поселений. Этот тезис подтверждает тот факт, что мы обнаруживаем очевид-

ное сходство в планировочной организации древних городов нашей цивилизации, которые строились с разрывом в тысячелетия в разные исторические эпохи, на разных континентах, в условиях разных культур: Ур, Угарит, Тир, Библос, Вавилон, Мохенджо-Даро, Ахетатон и др. (рис. 2, 3, 4).



Рис. 2. План шумерского города Ур в период между XXIII и XXII вв. (по Вуллею)

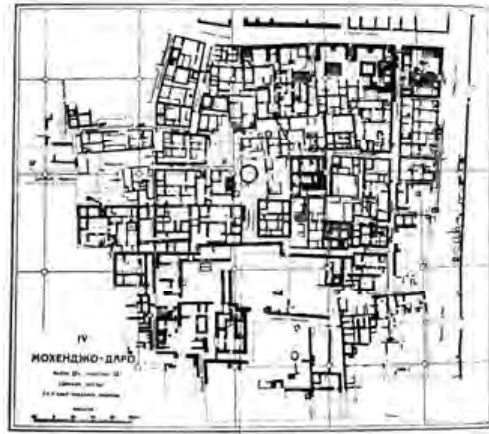


Рис. 3. Древнейший город Мохенджо-Даро, Индия, 4—3 тыс. до н.э. Наблюдаются все основные признаки современного городского образования: улицы, кварталы, площади, ортогональная структура планировки



Рис. 4. План «Четвертого квартала» города Ахетатон, Древний Египет, XV в. до н.э. Пример регулярной организации городских кварталов

Мы бы не смогли ориентироваться в окружении, использовать его пространственные свойства в своих целях, если бы не приняли систематизацию и классификацию его материальных составляющих, обусловленных бессознательно принятым «соглашением». Это обстоятельство имеет исключительно важное значение для научного исследования архитектурного феномена. Из него следует, что никто не волен трактовать природу окружения независимо, но все мы связаны с определенными способами ее интерпретации. Можно предположить, что если существуют разные культуры, относительно самостоятельны и независимо сформировавшиеся и выработавшие свои локальные культурные традиции, определившие своеобразие быта, обычаев, поведенческих норм, межличностных отношений и т.д. (например, культуры доколумбовой Америки, австралийских аборигенов, Древнего Китая и Индии, Междуречья и Египта), то существуют и относительно различающиеся

поведенческих норм, межличностных отношений и т.д. (например, культуры доколумбовой Америки, австралийских аборигенов, Древнего Китая и Индии, Междуречья и Египта), то существуют и относительно различающиеся

архитектурные системы, определяющие своеобразие пространственной организации традиционных, характерных для данных культур архитектурных объектов.

Примером сопоставления разных архитектурных систем могут служить воспоминания Марко Поло о своих путешествиях по «Трем Индиям». По ходу описания своего знакомства с новыми странами и народами он часто отмечает трудности и непонимание, с которыми сталкивался при описании их образа жизни и обычаев. Примечателен тот факт, что путешественник без особого труда ориентировался в пространственном окружении поселений и сооружений, понимал их структуру, но атрибуты строений, бытовые предметы, нравы и обычаи были ему незнакомы и требовали специального разъяснения. Это были элементы «договорного» плана, принадлежащие локальной культуре [2]. Примечателен пример путешествия русского столпника Федора Толстого в начальный период правления Петра I. Направленный в Италию одним из первых русских посланников, он был крайне растерян и озадачен тем, что не мог понять назначения множества предметов, формировавших городскую среду итальянского города того времени. В своих письмах он пытался описать увиденное, но в русском языке не было понятий, определяющих фонтан, монумент, постамент (который он называл словом рундук). Среда европейских городов Средиземноморья с их многовековой традицией складывалась по несколько иным стандартам, нежели в патриархальной Руси. Это было столкновение разных культур с разной предметной атрибутикой быта и различной ее ролью в местном стереотипе жизни итальянцев.

Яркий образец выдуманной архитектурной системы представил и Джонатан Свифт в «Путешествиях Гулливера», отметив именно структурно-геометрические отличительные свойства незнакомой Гулливеру городской среды летающего города Лапуту. «...Дома лапутян построены очень скверно: стены поставлены криво, ни в одной комнате нельзя найти ни одного прямого угла; эти недостатки объясняются презрительным их отношением к прикладной геометрии, которую они считают наукой вульгарной и ремесленной; указания, которые они делают, слишком утонченны и недоступны для рабочих, что служит источником беспрестанных ошибок. И хотя они довольно искусно владеют на бумаге линейкой, карандашом и циркулем, однако, что касается обыкновенных повседневных действий, то я не встречал других таких неловких, неуклюжих и косолапых людей» [3]. Его летающий город Лапуту и столица Лагадо с подробным описанием зданий и улиц, людей, их поведения и взаимоотношений убедительны в своей правдоподобности и фантастичности одновременно.

Однако, отмечая разнообразие архитектурных систем, принадлежащих разным культурам, нельзя не отметить и их общих черт. Так или иначе, в каждом поселении мы найдем улицу и площадь, оборонительные стены или ограды, прямоугольные блокируемые или круглые отдельно стоящие постройки, фиксируемые входы-выходы в поселение и т.д. Возможно, это совпадение существует потому, что все архитектурные системы построены, в основном, по одному и тому же «врожденному плану» и исторически развивались из одной генетической общности. На это обстоятельство обращал внимание историк архитектуры С.О. Хан-Магомедов. Современные исследования, связанные с определением происхождения основных открытий человечества, которые опре-

делили характер материальной культуры нашей цивилизации: колесо и арка, стоечно-балочная система и гончарный круг, лук, бумеранг, огнестрельное оружие и другие, подтверждают тот факт, что вероятность многократного открытия одного и того же изобретения крайне мала по сравнению с возможностью его передачи [4]. Этот факт является косвенным подтверждением общего происхождения человеческой цивилизации.

Сегодня среди антропологов популярна гипотеза, построенная на современных исследованиях генетической структуры человеческой ДНК. В основе гипотезы лежит открывшийся факт того, что человечество на заре своего развития прошло через «горлышко эволюции», когда людей (кроманьонцев) на Земле было не более 2000 особей и локализованы они были в одном месте — в Центральной Африке. Их последующее бурное размножение и более развитый интеллект способствовали поглощению других человеческих подвидов. Эта гипотеза единства происхождения может объяснить сходство основных принципов развития и архитектурно-пространственных систем в разных географических регионах и культурах.

Общественный образ жизни людей способствовал формированию специфического общественного сознания. Общество влияло на формирование обычаев, моральных и этических норм. У людей сложилось общее понимание закономерностей окружающего мира. Наличие общественного сознания явилось важной предпосылкой для возникновения самой архитектуры. «Разум не может оставаться пассивным, сталкиваясь с технологическими и экономическими условиями, связанными с природным окружением. Он не просто отражает эти условия, он реагирует на них и претворяет их в логическую систему... Все среды интегрируются в идеологические системы, которые послушны другим — ментальным — ограничителям, заставляющим группы с различными взглядами следовать одной и той же схеме развития», — отмечал Р. Барт в своих исследованиях особенностей пространственного восприятия людей [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Леви-Стросс К.* Структурная антропология. М., 1986.
2. *Поло Марко.* Путешествия западных чужеземцев в страны Трех Индий / под ред. О.М. Гармсен. М. : Наука, 1968.
3. *Свифт Дж.* Путешествия Гулливера. М., 1972.
4. *Хан-Магомедов С.О.* Дагестанские лабиринты. М., 2000.
5. *Барт Р.* Структурализм как деятельность // Избранные работы: Семиотика: Поэтика : пер. с фр. / Р. Барт ; сост., общ. ред. и вступ. ст. Г.К. Косикова. М. : Прогресс, 1989.

© Волынский В.Э., 2008

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

УДК 728.001

В.М. Молчанов

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРЫ ЖИЛИЩА

Рассмотрены теоретические аспекты влияния информационного общества на архитектуру жилища. Выявлены характерные признаки и принципы архитектуры информационного общества. Определены социальные, технологические и природные факторы формирования новой архитектуры жилища и перспективные глобальные тенденции социально-функциональной структуры жилища в XXI в.

К л ю ч е в ы е с л о в а: архитектура жилища, перспективы развития; интеллектуализация зданий; дезурбанизация; экопоселения.

The article deals with the theoretical aspects of Information society influence on housing architecture. The paper reveals typical signs and principles of Information society architecture. The paper defines social, technological, nature factors of new architectural design of housing and long-term global tendencies of social and functional structure of housing to XXI century.

К е у w o r d s: domestic architecture, development prospects; intellectualization of buildings; deurbanization; ecosettlements.

Проблемы взаимодействия информационного общества и архитектуры, информационного общества и жилища по существу затрагивают вопрос о перспективных путях развития архитектуры и среды обитания в целом.

Глобальные изменения в современном обществе свидетельствуют о становлении во всем мире общества информационного типа и, соответственно, о переходе к новой архитектурной эпохе, к архитектуре информационного общества. С 1960-х гг. в индустриальном обществе начали созревать технические и технологические предпосылки для появления общества иной природы, социологи и философы стали формулировать теоретические концепции *после-индустриального общества*. Вторая половина XX в. определяется как становление постиндустриального или информационного общества. **Информационное общество** — особый исторический этап становления глобальной жизнедеятельности, в котором информационная активность становится средством, основанием дальнейшего саморазвития [1]. С точки зрения института развития информационного общества *информационное общество* (*information society*) — это концепция постиндустриального общества; новая историческая фаза развития цивилизации, в которой главными продуктами производства являются информация и знания [2].

Общество индустриального типа, которое доминировало в XX в., сменяется в течение XXI в. во многих странах обществом другого типа — постиндустриальным, научно-индустриальным или информационным. Так грядущее общество соответственно называли зарубежные философы, советские социологи и обозначают сегодня специалисты-обществоведы.

Производство знаний и «человеческий капитал» становятся основным источником богатства. В культуре ценится *разнообразие, качество жизни, самоактуализация*. Основным культурным принципом является синтез, интеграция многообразных видов деятельности. Для экономики характерны

дестандартизация, демассификация, децентрализация капитала [1]. На производстве получает распространение индивидуальный информационный труд, в быту и на отдыхе — возможность персонально, избирательно пользоваться информационными услугами и развлечениями.

К истории вопроса. Переход от архитектуры индустриального общества к архитектуре информационного общества наметился на X Конгрессе СИАМ в 1956 г., когда молодые архитекторы выступили с критикой лидеров функциональной архитектуры (Ле Корбюзье, Мисс Ван дер Роэ, В. Гропиуса) и заявили о новой архитектуре, которую впоследствии Ч. Дженкс назвал архитектурой постмодерна. Сегодня говорят о переходе от архитектуры постмодерна к нелинейной архитектуре.

Механизм формирования архитектуры жилища в новую технологическую эпоху: в определенном обществе с определенной природной средой рождаются новое техническое устройство и технология (например, компьютер и информационные технологии), которые формируют на уровне общества — новый **технологический уклад** и соответственно новую **социально-профессиональную структуру** населения, на уровне отдельного человека — **новый образ жизни и ценностные ориентации**. Новый образ жизни и новая структура населения по занятости способствуют становлению и развитию соответственно новых форм и типов жилища, новой социально-функциональной структуры жилища.

Как известно, человеческое общество прошло три общественно-исторические формации: традиционное (аграрное) общество — индустриальное общество — постиндустриальное (информационное) общество [3]. Архитектура традиционного общества — природна, архитектура индустриального общества — машинна, архитектура информационного общества в сущности — *информационна* [4].

Как информационные технологии влияют на архитектуру? Архитектура — это и процесс, и результат. Архитектура как процесс — деятельность по созданию художественно осмысленного пространства для жизни людей в конкретно-исторических условиях. Архитектура как результат — здание и постройка [5].

В первом случае информационные технологии качественно меняют технологии проектирования, что позволяет резко ускорить процесс разработки чертежей и архитектурных 3D-моделей, т.е. повысить качество и эффективность архитектурно-проектного производства в эскизном (концептуальном) и в рабочем проектировании (выпуск проектной документации).

Во втором случае информационные технологии качественно меняют технологии строительства, производства строительных материалов, инженерных систем и сетей; формы и планировочную структуру жилища, его элементы; формируют новый образ жизни, новые отношения и потребности, новые культурные установки и нормы.

Основные особенности новой архитектуры: новая тектоника здания и детерриториальность. Во-первых, наружная оболочка здания уже не стена, а невесомая или очень легкая, информационная, динамичная, меняющаяся, изображающая определенную информацию **медиа-оболочка** (поле, структура, сетка, Skin — «кожура» (Р. Кулхас). Во-вторых, телекоммуникации и мировые сети дают возможность человеку быть там, где физически его нет. Зна-

чение пространства как удаленности заметно уменьшается. Как заметил директор Парижской специальной школы архитектуры Поль Верилио: «Пространства больше нет...» [6].

Новая идеология архитектурного проектирования. По точному определению В. Юзбашева, «компьютерные технологии приносят в процесс проектирования изменчивость, гибкость и бесконечность превращений. *Нелинейная архитектура создается бессознательно, получается полуавтоматически при помощи машины*, а ее формы также ускользают, не оставляя в памяти четкого представления. Их авторы далеки от трактовки архитектуры как „жизнестроительства“, — они не организуют пространство, а как бы „смазывают“ его» [6].

Какое содержание мы вкладываем в информационность архитектуры? По-нашему мнению, новую архитектуру отличают следующие признаки:

глобализация технологических процессов (строительных, проектных, архитектурных, технических);

качественное изменение типологии зданий и сооружений (дифференциация и новые признаки);

новая образность (информационность и технологичность как средство выражения уникальности архитектурного объекта, отражения духа места и времени);

новая тектоника (стена — сетка, стена — поле, стена — медиа-оболочка);

новые формы на основе цифрового моделирования плоскостей и объемов (фрактальная архитектура, нелинейная архитектура);

персональный компьютер и домовый компьютер как неотъемлемые части здания (жилища);

развитие архитектуры социального консенсуса (сообщества по месту проживания: соседские и клубные, кооперация и совместное владение);

контекстуализм и средовой подход.

Анализ современных тенденций в архитектуре дает возможность выявить некоторые общие положения новой архитектуры, которые, естественно, касаются также и жилищной архитектуры. Итак, *принципы архитектуры информационного общества*:

информационность (архитектурная форма как информация);

инновационность (перманентное внедрение новейших научно-технических разработок);

многофункциональность (как основа многообразия человеческих контактов и деятельности);

динамичность и изменяемость облика сооружения (время как фактор построения архитектурной формы);

непрерывность архитектурной формы, ее «текучесть» [Т. Ито] (среды обитания и взаимосвязанность людей, а также мест обитания; средовой подход в проектировании);

детерриториальность (пространственная взаимосвязь людей, физические расстояния постепенно теряют свое формирующее значение в создании поселений и архитектурных объектов);

персонализация среды социального общения и взаимодействия (оно все больше становится индивидуальным, межличностным, виртуальным — личный компьютер и средства связи);

интеллектуализация зданий, инженерных систем и конструкций (управление микроклиматом, освещенностью, освещением, безопасностью, цветом, изображением, а также диагностика и мониторинг параметров здания и жителей);

компьютерные методы моделирования, конструирования, расчета (цифровая, дигитальная, нелинейная, виртуальная архитектура);

использование фрактальной геометрии (алгоритмов, визуальных образов, моделей и метафор нелинейной динамики);

индустриализация нового типа на основе информационных технологий (hi tec — high technology, внедрение строительных технологий и материалов с допусками 1-2 микрона);

экологичность (как компенсация воздействия информационной среды);

ресурсо- и энергосбережение (сохранение природных ресурсов при строительстве и эксплуатации зданий).

Постепенный переход российского общества к информационному обществу в XXI в. будет кардинально менять городское жилище и его архитектуру. Качественные изменения жилища и жилой среды в целом, как показывает анализ жилищной архитектуры, происходят на трех направлениях: технологическом, природном и социальном.

Технологическое — широкое внедрение новых информационных технологий, телекоммуникаций и Интернета; новых технологических типов производства, основанных на информационно-творческом труде; проектирование и домостроение, ускоряющие и удешевляющие процесс создания жилого дома. Инновации технологического характера позволят создавать жилые дома быстро, точно, ресурсоэкономно, как *целостные инженерно-строительно-архитектурные объекты*, которыми можно будет легко управлять (*интеллектуальный дом*). Проектирование (дизайн) жилого дома как промышленного изделия будет со временем иметь возрастающее значение. За счет внедрения *автоматизированных компьютерных интерактивных систем проектирования* многократно уменьшится время между первыми консультациями клиента с архитектором до выпуска строительных конструкций и частей дома и последующей сборки на участке.

Природное — тотальная экологизация архитектуры, энергосбережение, ресурсосбережение, использование возобновляемой природной энергии. Инновации экологического характера приводят к поиску новых форм и структур жилища на автономных системах инженерного обеспечения (*экодума и экопоселения*), трансформации системы расселения с целью обеспечения необходимого баланса искусственной и природной среды. Повышение качества искусственной среды обитания будет достигаться на основе применения экологических подходов, повышающих в целом долю природной среды в структуре архитектурного и градостроительного объектов, с использованием новых способов компоновки жилой застройки и селитебных территорий.

Социальное — формирование социально ориентированной рыночной экономики, становление новой социально-профессиональной структуры общества (рост удельного веса работников творческого, научного, информационного труда и культуры), социальное расслоение, демократизация общества. Изменения социально-экономического характера будут способствовать многообразию форм и типов жилища, разнообразных по уровню комфорта и образу жизни, основанному на ценностях города и села, высокой социальной

коммуникации и труде информационного типа, семейно-родственных ценностях и личностном общении.

Новые технологии меняют содержание и структуру образа жизни людей, трансформируют представления архитекторов об устройстве и о материальных средствах формирования среды обитания. Вместе с тем наблюдается обратный процесс: архитектурные концепции и формы жилища «подсказывают» новые функции и типы технологий и устройств, обрабатывающих информацию, полезных в жилище. Двухсторонний процесс взаимовлияния технологии и жилища способствует эволюционной перестройке и обновлению традиционной структуры и формы жилища. Скорее всего, в жилище такого выразительного и революционного построения архитектурной формы, как в общественных зданиях, мы не будем наблюдать.

Переходный период (по нашему прогнозу 1990—2020 гг.) от архитектуры жилища индустриального общества с многоэтажной микрорайонной жилой застройкой к архитектуре жилища информационного общества — малоэтажной, экологичной, сомасштабной человеку, с условиями для активного отдыха и профессионального труда; от социально-функциональной организации в жилище бытового обслуживания к организации трудовой и рекреационной деятельности, от коллективного жилища к жилищу в подлинном смысле индивидуальному (личностному), отражающему внутренний мир человека, специфику его представлений о себе и природе.

На всех уровнях формирования широкое применение информационных технологий дает новый облик архитектуре жилища: в архитектурных исследованиях, прогнозировании и планировании; в архитектурном проектировании и выпуске проектно-сметной документации, в эксплуатации и мониторинге. В строительстве жилья появляются новейшие индустриальные технологии домостроения, базирующиеся на автоматизированных линиях производства строительных материалов, раскроя изделий, сборки оборудования и бытовой техники.

Эпоха постиндустриального производства с 1960-х гг. обусловила концепции устойчивого развития среды обитания, экологического возрождения жилища, идеи экопоселений, многофункциональных жилых комплексов, интеллектуального дома, индивидуального жилого дома — электронного коттеджа. Эти концепции образуют теоретическую основу для архитектурных идей и решений жилища информационного общества. Сегодня можно раскрыть содержание главных компонентов среды обитания информационного общества, которые отражают основные тенденции глобального характера.

Дом становится электронным коттеджем (О. Тоффлер). Новые технологии способствуют созданию систем управления и контроля инженерным оборудованием дома (*интеллектуальный дом*), что дает жителям высокий уровень комфорта и безопасности проживания, и систем телекоммуникации (Интернет, спутниковая связь и телевидение, беспроводные сети, радио, сотовая телефония), что позволяет индивидуально и самостоятельно настроить связь жилого дома и его обитателей с окружающим миром, устраивать дома рабочие персональные места для большинства профессий (число которых постоянно растет), повысить качество обслуживания и отдыха (дистанционное обучение, телемедицина, компьютерная диагностика здоровья) всех слоев населения (детей, трудоспособных, пенсионеров и инвалидов).

В этих условиях расстояния между домами, городами как центрами культуры и производства меняют прежний социальный смысл, ибо люди в условиях пространственной удаленности могут наладить необходимые социальные контакты (бытового, производственно-трудового и рекреационно-развлекательного характера). *При пространственной удаленности увеличивается социальная связанность людей и жилища.* Это позволяет возродить ценности сельского образа жизни на новом уровне развития городской цивилизации. Как показывают открытия демографов, сельский образ жизни — важнейшее условие активного демографического поведения населения [7].

Город как форма поселения с его традиционными ценностями общения и коммуникации теряет прежнее значение, и возрастает значение индивидуального жилого дома как элемента глобальной системы расселения. В этих условиях *дезурбанизация* служит процессом формирования нового типа города информационной цивилизации — *экопоселения (экополиса)*. Со временем индустриальные города усилят свои исторические, культурные, рекреационные, транспортные, информационные функции и значительно ослабят селитебные, образовательные, научно-производственные. Массовое проживание, обслуживание, наука и новые технологии, университеты, технопарки сосредоточатся в загородных, пригородных, межгородских малых поселках.

Образ жизни во многом альтернативный существующему, городскому и индустриальному. В структуре жизнедеятельности — *приоритет профессионального труда и активного отдыха*, которые переплетаются и взаимно проникают в бытовую деятельность в жилище, выбор качественно новой, построенной на экологических и кооперативных принципах, жилой среды.

Жилище постиндустриального общества — *жилая ячейка и город в единстве*, где созданы условия для полноценной повседневной жизнедеятельности семьи; меняется значение и структура городского обслуживания — оно максимально приближается к жилым единицам, входя в жилой дом и в жилой комплекс, что мы видим по широкому распространению многофункциональных жилых комплексов. Система обслуживания среднего уровня будет притянута к двум «полюсам»: жилой ячейке и городу в целом. В этом отразятся ориентация на личностное, уникальное, индивидуальное обслуживание и уход на второй план усредненного, массового обслуживания. В жилище «возвращается» профессионально-трудовая деятельность. Жилище для большинства профессий со временем становится местом труда. Работа дома и жилище с местом для профессионально-трудовой деятельности — характерные составляющие пространственной среды информационного общества.

Жилая ячейка — *индивидуальный малоэтажный дом за городом и/или квартира с приквартирным участком* (двориком, террасой, атриумом) в многофункциональном жилом комплексе в городе. Жилая ячейка — единица застройки городской селитебной территории, элемент построения городской ткани. Представление о жилых зданиях как об устойчивых типологических архитектурно-планировочных структурах уступит место жилому зданию как гибкой, уникальной, смешанной, динамичной структуре. Первое место в социально-функциональной организации жилища (квартира, дом, район) отводится организации единства труда и отдыха, в основе которого лежит активный отдых.

Экодом — тип жилища, который связывают с постиндустриальной эпохой, с обществом XXI в., где преобладают новые производственные техноло-

гии и жизнь организована на демократических принципах. Любое жилище в информационном обществе должно быть экологически организовано, ибо должно активно выполнять *компенсирующую функцию* по отношению к информационному труду, информационной культуре и среде города. Снимая чрезмерные и агрессивные информационные воздействия на человека, жилище сохранит ему на века физическое здоровье, полноценный внутренний мир, счастье любви и творчества.

Типы жилой застройки — малоэтажная, смешанная. Жилые районы трансформируются в комплексы домов-квартир с развитым общественным и самодеятельным обслуживанием всесторонних потребностей населения. Качественно возрастет роль человека, демократического сообщества в выборе форм жилища и способов решения жилищной проблемы.

Скорость перемен — инерционность такого сложного объекта как жилище не способствует быстрым и заметным в целом изменениям структуры и образа современного жилища. Традиционность и стабильность признанных в культуре элементов жилищной архитектуры, экологичность построек, будут широко востребованы и имеют перспективное значение.

Обозначенные общие тенденции могут служить основой для прогнозов на региональном и городском уровнях формирования жилища, а также в архитектурном проектировании.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Заковоротная М.В.* Становление информационного общества: концептуальные предпосылки анализа. // Становление информационного общества в России: философские, политические и социокультурные проблемы : вып. 3 : тезисы Междунар. науч. конференции в Московском государственном институте радиотехники, электроники и автоматики (технический ун-т). М., 2003. С. 3—4.
2. Русско-английский глоссарий по информационному обществу // О.Н. Вершинская, Ю.Д. Волинский, Т.В. Ершова и др. М.: Ин-т развития информационного общества, Британский Совет в России, 2001. <http://www.iis.ru/glossary/index.html>.
3. *Воробьев В.П.* Является ли современная цивилизация информационной // Становление информационного общества в России: философские, политические и социокультурные проблемы : вып. 3 : тезисы Междунар. науч. конференции в Московском государственном институте радиотехники, электроники и автоматики (технический ун-т). М., 2003. С. 8—10.
4. *Копылова Л.* Вольные мореплаватели. Кибер-архитектура // Интерьер + Дизайн. 2003. № 6. <http://www.archi.ru/press/kopilova/interior0603b.htm>.
5. *Молчанов В.М.* Основы архитектурного проектирования: социально-функциональные аспекты. Ростов-на-Дону : Феникс, 2004. 160 с.
6. *Юзбашев В.* Нелинейная перспектива. <http://www.archi.ru/press/texts/2003/csa210603.htm>
7. *Бестужев-Лада И.В.* Глобальный технологический прогноз на XXI век // СИ. 2007. № 4. С. 22—33.

© Молчанов В.М., 2008

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ТЕОРИЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДА.
УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ**

УДК 711.1

Е.М. Иванникова

**ПЛАНИРОВОЧНОЕ РЕШЕНИЕ ГОРОДА ВОЛЖСКОГО В НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД
СТРОИТЕЛЬСТВА**

Приведен анализ планировки города Волжского, построенного на основе крупного энергетического комплекса. Рассмотрены предпосылки создания и архитектурный замысел города, направленный на создание комфортной среды обитания. Прослежено возникновение и развитие города-спутника Волгограда, трансформация жилых районов, формирование городского общественного центра.

К л ю ч е в ы е с л о в а: общественный центр города; города-спутники.

The planning of the town of Volzhsky is shown here, built on the basis of a big power complex. Preconditions of the construction and architectural project of the town are considered, directed to the building of a comfort environment. The author observes the rise and development of the town-sputnik of the city of Volgograd, the transformation of residential districts, considers the forming of the town's public centre.

K e y w o r d s: public city centre; satellite-towns.

В условиях динамичных социальных преобразований человеческого быта, перехода России к рыночным отношениям, быстрой эволюции потребностей индивидуальной и общественной жизни российского общества параллельно в условиях активного, даже агрессивного, наступления строительной индустриальной техники необходимы современные исследования в области жилищной архитектуры. При этом такие исследования должны вестись комплексно, одновременно в социальных, эстетических, технических и экологических аспектах. Необходимо исследовать их взаимосвязи, взаимозависимость и взаимовлияние.

Позитивный опыт отечественной архитектурной науки и практики периода строительства и развития городов в 50—60-е гг. XX столетия имеет огромное значение, и по многим параметрам он приемлем и в настоящее время.

С другой стороны, в эти годы в индустриальной застройке нашей страны почти неизменно проявлялись однообразие и эстетическая невыразительность. Эти процессы и научно обоснованные рекомендации к устранению таких недостатков все еще являются одними из наиболее актуальных проблем архитектурной науки и практики.

50—60-е гг. XX столетия характеризуются возникновением в России новых городов, постепенно превращаемых в крупные промышленные центры.

Как правило, развивались они на месте строительства энергетических гигантов, разработок крупных месторождений полезных ископаемых, иногда — на месте старых поселений. Волгоградская область не стала исключением в строительстве поселений нового типа. Так в полупустыне на левом берегу Волги на месте села Безродного, был возведен новый город Волжский, ныне имеющий заметное промышленное значение в экономике не только Волгоградской области, но и России в целом.

Волжский создавался в период, когда к универсальному жизненному потенциалу города (развитию культуры, науки, образования, информатики, сферы потребления и т.д.) начали предъявляться высокие требования. Уровень социальной организации и культурного развития, технические возможности и материальные условия определили особенности архитектурно-планировочной структуры города.

Степные просторы позволили развиваться городу, не ограничивая его какими-либо преградами. С другой стороны, резко континентальный климат потребовал дополнительных затрат на озеленение города, создание благоприятного микроклимата, что, естественно, сказалось на удорожании строительства. Волжский относится к населенным пунктам в зонах сложного рельефа и засушливого климата с планировочной структурой, сложившейся по чисто функциональным признакам.

Архитектура и планировка Волжского с начала 50-х до 90-х гг. XX столетия прошла в своем развитии два этапа. Первый, 1951—1960 гг., связан со строительством мощного энергетического узла, каким явилась Сталинградская (Волжская) ГЭС. С начала 1950-х гг. поселок городского типа, а с 1954 г. город, был заложен в 1951 г. как город-спутник одного из самых крупных городов Нижнего Поволжья — Сталинграда (Волгограда) с его выгодным транспортно-географическим положением. Впервые идея создания городов-спутников крупных промышленных центров была выдвинута в конце XIX в. английским архитектором Э. Говардом. Под городом-спутником можно подразумевать подчиненный главному городу населенный пункт, с которым он связан производственными, культурно-бытовыми и экономическими взаимосвязями. Широкое практическое воплощение во многих странах Европы идея городов-спутников получила после второй мировой войны. Как одно из средств разуплотнения крупных городов, вопрос о городах-спутниках возник и в СССР. Это связано также и с началом строительства крупных промышленных и энергетических комплексов. Одним из таких гигантов энергетики являлась Сталинградская (Волжская) ГЭС. Дешевая электроэнергия дала жизнь многим заводам и предприятиям.

16 августа 1950 г. в центральной газете «Правда» было опубликовано постановление Совета Министров СССР «О строительстве Сталинградской гидроэлектростанции на реке Волге, об орошении и обводнении районов Прикаспия» [1]. В нем определялся район строительства, мощность электростанции, создавалась строительная организация «Сталинградгидрострой». Главной целью нового города на первом этапе было обеспечение работников вновь создаваемой Сталинградской ГЭС жильем и социально-культурными учреждениями.

Важнейшими законодательными актами, оказавшими существенное влияние на лицо города, явились Постановления ЦК КПСС и Совета Мини-

стров СССР «Об устранении излишеств в проектировании и строительстве» (1955 г.) [2] и «О развитии жилищного строительства в СССР» (1957 г.) [3].

Поволжье — район исторически древнего заселения. Богатство и разнообразие его природных и энергетических ресурсов, плодородие почв и многоводность рек, достаточность трудовых ресурсов, выгодное положение на путях, связывающих центр страны с Уралом и Сибирью, Средней Азией и Дальним Востоком, способствовали формированию экономического района большого народнохозяйственного значения.

Рост численности населения привел к тому, что Волжский в 1954 г. перешел из промышленного поселка в категорию малых городов. Затем был преобразован в средний, большой и, наконец, превратился в крупный город. Соответственно составлялись новые генеральные планы, создавалась новая архитектурно-планировочная структура.

В 1951—1952 годах НИИ «Гипрогор» при участии института градостроительства Академии наук СССР был составлен план застройки нового города. Авторами проекта были архитекторы В.В. Семенов-Прозоровский, Н.Н. Ратько, Н.П. Баранов, В.Н. Гугель. По этому плану Волжский рассчитывался на немногим более 50 тыс. жителей.

С уточнением проекта гидроузла и зоны влияния ГЭС перспективы развития г. Волжского обозначились четче — как крупного индустриального центра. В соответствии с этим «Гипрогор» приступил к разработке нового генерального плана Волжского и его районной планировки. В основу была заложена расчетная численность населения города 120 тыс. человек. Этот генплан был утвержден в 1954 г., но уже в 1955 г. его пересматривают, а в 1958—1959 гг. «Гипрогор» предложил новый проект планировки Волжского промрайона. Но и он впоследствии также регулярно пересматривался и уточнялся [4, с. 16].

Таким образом, величина и планировочная структура Волжского тесно связаны с его ролью в хозяйственном комплексе и конкретными условиями организации труда, жилья и быта его населения. Волжский развивался по общим правилам, характерным для всех вновь возникающих городов, но на основании конкретных условий и в связи со спецификой местоположения имел самостоятельные признаки формирования.

Проект планировки 1951—1952 гг. состоял из технико-экономической, архитектурной и инженерной частей, содержал развертки улиц и предложения по размещению общественных зданий и удовлетворял главным требованиям к городам данной категории.

За основу была принята лучевая планировочная система Петербурга, идея которой целиком принадлежит русским градостроителям. Этот прием был использован также в планировке Твери, Костромы и некоторых других городов. План с применением трех лучеобразно расходящихся улиц получил и г. Волжский.

Одна из них, центральная, выделена и превращена в главный проспект города (ныне им. Ленина). Сейчас это самая длинная улица в городе протяженностью 13 км. На проспекте расположены жилые дома, в том числе и самый длинный 1000-квартирный, и наиболее значительные общественные здания: межвузовская библиотека им. С.Р. Медведева (1951 г.), Дворец культуры Волгоградгидростроя (1955 г.), здание администрации города (1958 г.), главпочтамт, 1-я городская больница, учебный комплекс Института строительства и технологий (1961 г.), ЦУМ и др. В центре города на проспекте находится площадь Ленина, построенная в

1981 г. На площади расположены 22-этажная гостиница «Ахтуба», ДК «Октябрь», фонтаны и прогулочные аллеи, памятник Ленину, открытый 21 октября 1984 г. [4, с. 45]. К площади примыкает территория самого крупного в городе собора Иоанна Богослова Русской Православной Церкви.

Следующая улица-луч (им. К. Маркса) соединяет пл. Строителей с предприятиями строительной индустрии — заводами объемного домостроения, железобетонных изделий, асфальтовым и др.

Третья улица-луч (им. Чайковского) проходит от площади Строителей до ул. Волгодонской с выходом на набережную.

Площадка для размещения города по положению в плане района строительства ГЭС, рельефу и естественным условиям была выбрана удачно. Архитектурно-планировочная композиция города подчинена, с одной стороны, реке Ахтубе, с другой — железнодорожной линии. Размеры жилых кварталов соответствовали размерам самого города [5, Д. № 29, л. 80].

По проекту планировки города строителей Сталинградской ГЭС основной была принята 2- и 3-этажная застройка. Планировалось строительство жилых домов по типовым проектам серий 207 и 218. Однако застройка такими домами делает улицы монотонными и скучными. Большее разнообразие и значительное улучшение объемно-пространственного и силуэтного решения всего города в целом было достигнуто введением новых типов домов, были акцентированы углы и подняты до 4-х этажей некоторые части зданий в центре города и на набережной. Кварталы индивидуальной застройки 1-й очереди строительства были размещены в юго-восточной части территории.

Распределение фонда этажности, м² жилой площади: 4-этажные здания — 10 000; 3-этажные — 70 000; 2-этажные — 120 000; усадебная застройка — 105 000. Таким образом, жилая площадь города составила 210 000 м².

Потребность в местах в детских дошкольных и школьных учреждениях была принята, исходя из расчета полного обслуживания жителей, при расселении в городе по норме 9 м² на одного человека. С целью создания курдонец в кварталах № 14 и № 23 детские сады-ясли были запроектированы встроенными в жилые дома.

Планировка и объемно-пространственное решение центральной площади (ныне Дворцовой) с размещением на ней главных общественных зданий (административного, гостиницы, Дворца культуры Волгаградгидростроя) хорошо выражают образ центра. Удачен архитектурный образ Дворца культуры ВГС со зрительным залом на 800 мест и общей кубатурой 43 319,6 м³. На одного зрителя приходится 54,0 м³ (по действующим на момент строительства нормам — 40...50 м³). Площадь застройки 3 220 м², этажность 3-4 этажа. Архитектура фасадов решена в строгом ритме дорического ордера.

Дворец культуры ВГС решен в стиле русской городской усадьбы XIX в., когда в центре располагался дворец, украшенный колоннами, за ним — дворцовый сад (парк), а к улице примыкал парадный двор (площадь). Дворец культуры нарушил однообразие периметральной застройки пр. Ленина и украсил его своей колоннадой, узором чугунной решетки и зеленью партера.

Таким образом, можно сделать вывод, что проект планировки города строителей Сталинградской ГЭС на левом берегу Волги носил социально направленный характер. В нем предусматривалось строительство жилья и культурно-бытовых объектов.

Это также нашло отражение и в решении по острову Зеленому и поселку Ударник, территория которых в начале 1954 г. была отнесена к рабочему поселку Волжскому в связи со строительством Волго-Ахтубинского канала. В поселке на острове Зеленом проживали строители Сталинградской ГЭС. Проектом предусматривалось дополнительно построить здесь 13 000 м² жилой площади в домах облегченных конструкций, школы, детские сады-ясли, магазины, почту, кинотеатр и другие культурно-бытовые и коммунальные учреждения из расчета обслуживания 15 000 чел., т.е. всего предполагаемого населения острова Зеленого, включая жителей индивидуальных домов. Особое внимание было обращено на архитектурное решение главных фасадов поселка, обращенных к каналу. Предлагалось улицы благоустроить, озеро Монастырское и ерик Казенный сделать проточными. Намечалось достроить главную улицу поселка, для чего перенести линии электропередачи, оставив лишь одну — высокого напряжения. В связи с характером застройки и местоположением поселка предусматривалось максимальное озеленение его территории [5, Д. № 29, л. 92].

Чтобы ускорить возведение жилья, создавалась крупная строительная промышленность. Ввод в действие домостроительного комбината позволил строить жилые дома из сборных элементов с применением керамзитобетонных панелей.

К началу 1959 г. Волжский представлял собой город с населением 60 тыс. человек с развитым промышленным производством и сферой бытового обслуживания. В городе действовали: ремонтно-механический и авторемонтный заводы, деревообделочный комбинат (ДОК), предприятия строительных материалов, а также мясо- и пищекомбинат, молочный завод, две артели бытового обслуживания населения [5, Д. № 344, л. 50].

В городе работало 16 столовых на одновременное посещение 2 000 чел., 6 бань с одновременной вместимостью 500 чел., 19 детских садов-ясель на 1 100 мест, 4 поликлиники, 2 больницы на 1 035 койко-мест, 5 клубов, Дворец культуры, 7 кинотеатров, в т.ч. 2 летних.

Жилой фонд города составил 344,6 тыс. м², в т.ч. 308,6 тыс. м² — государственный фонд и 36 тыс. м² — частный сектор. На одного жителя приходилось 5,7 м² жилой площади [5, Д. № 344, л. 51].

Таким образом, в течение пяти лет (1954—1959 гг.) был построен новый город со всеми видами инженерных коммуникаций: водопроводом, канализацией, тепло- и энергоснабжением, радиофикацией. Было проведено внутриквартальное благоустройство — асфальтовое покрытие проездов и тротуаров, организация детских игровых площадок, озеленение улиц. Одновременно со строительством первых кварталов был заложен парк площадью 17 га при Дворце культуры, построена и озеленена набережная, организован лесопарк в районе стадиона. Были озеленены все территории, свободные от застройки. На одного жителя приходилось 16 м² зеленых насаждений — больше, чем в других городах Сталинградской области [5, Д. № 338, л. 34].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Созидатели: Исторический очерк о Волгоградгидрострое. Волгоград, 2000. С. 6.
2. КПСС в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК (1898—1986). Т. 8. 1946—1955. 9-е изд., доп. и испр. М.: Политиздат, 1985. С. 532—536.
3. То же. Т. 9. 1956—1960. С. 532—208.
4. Башилова Т.А. Волжский. Улицы, история, памятники. Волгоград: Издатель, 2000.
5. ГУ «ГАВО». Ф. № Р-6021, оп. № 1.

Поступила в редакцию в ноябре 2008 г.

© Иванникова Е.М., 2008

УДК 728.011.1

И.В. Черешнев, А.А. Багрянцева

РЕНОВАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ПРОСТРАНСТВ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ НА ОСНОВЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКО-СОЦИО-ПРОСТРАНСТВЕННОГО МОДУЛЯ

Рассмотрены научно-методические основы реконструкции открытых пространств жилой застройки планировочными и архитектурно-ландшафтными методами и средствами. Обоснованы направления решения проблемы с учетом новых социальных, экологических, экономических и композиционных подходов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: открытые городские пространства, реконструкция; жилая застройка городов; придомовые территории; реконструкция открытых пространств жилой застройки.

Scientific-methodical bases of rehabilitation of open dwelling spaces by planning and architectural landscape methods and means. New directions of problem solving with regards to the contemporary social, ecological, economic and compositional approaches.

К e y w o r d s: open urban spaces, reconstruction; urban residential development; building surrounding territories; reconstruction of open spaces of residential development.

С развитием рыночных отношений в Российской Федерации и изменением социально-экономических условий жилищный вопрос, как и прежде, остался актуальным. Значительную часть проблем, связанных с развитием жилищной политики сегодня, можно отнести к системе формирования и функционального использования придомовых пространств жилой застройки.

Изучение функционально-пространственной среды придомовых пространств и процессов жизнедеятельности населения показывает, что в дворовых пространствах реализуется повседневные рекреационные, физкультурные, хозяйственно-бытовые функции, осуществляются соседские контакты жителей домов. Здесь локализуются до 80...90 % процессов жизнедеятельности населения, главным образом дошкольного, младшего и среднего школьного возраста, взрослых, осуществляющих уход за детьми, пенсионеров, а также людей с ограниченными способностями.

Внутриквартальные пространства жилой застройки рассматривают как переходную ступень между внешней средой и собственно жилищем. В качестве особого объекта архитектурного проектирования используются две группы формообразующих компонентов: природные (рельеф, водоемы, зеленые насаждения) и искусственные составляющие (предметные и технические комплексы). Таким образом, открытые пространства жилой застройки рассматриваются в качестве специфической подсистемы многоуровневой системы открытых пространств города, формирование которых во многом определяется исследованием проблем, влияющих на качественное состояние среды обитания под открытым небом.

Анализ состояния архитектурно-ландшафтной организации жилых образований позволил выявить ряд социально-экономических, функционально-пространственных и экологических проблем.

Беспокойство о социальных и экономических последствиях благоустройства жилых дворов появилось тогда, когда стало очевидно, что открытые

пространства так и остались бесхозными пустырями, приведшими к бесконтрольности, беспорядку и равнодушию. Новая среда, вызывала чувство неудовлетворенности как у жителей, так и у архитекторов. Пространства вокруг домов в одной ситуации пугали своими размерами и не осваивались, в другой, когда применялось точечное уплотнение жилой застройки, были слишком малы для формирования необходимого предметно-пространственного окружения. Материальные средства, выделяемые на благоустройство, направлялись без должного учета ряда градообразующих факторов, например таких, как место жилого образования в планировочной структуре города, тип жилой застройки и тип контактных пространственных зон, социально-имущественный статус жителей.

Конфликтность ситуации в функционально-пространственной организации внутриквартальных пространств определяется временным несовпадением морального и физического старения собственно жилищного фонда и природных и иных антропогенных элементов, их формирующих. Задачи, которые ставятся перед проектировщиками, и подходы к их решению значительно сужаются тем, что существующая практика предполагает реконструкцию внутриквартальных пространств, в основном, в форме капитального ремонта: подновляются зеленые насаждения, оборудование, устраивается максимально возможное количество автостоянок, зачастую за счет площадок другого назначения. В практике благоустройства открытых пространств, фактически, не учитываются потребности инвалидов и других физически ослабленных групп населения.

Неблагоприятная картина складывается с экологическим состоянием открытых пространств жилой застройки. Обследования территорий многоэтажной застройки показали, что многие жилые дворы становятся одним из основных источников загрязнения окружающей среды. «Ничейность» дворовых пространств, отсутствие отлаженной системы мусороудаления и переработки отходов превратили многие открытые пространства жилой застройки в мусорные свалки, которые создают антисанитарные условия для проживания, загрязняют воздух, отравляют почву и воду. Оголенная земля и асфальт, на территории некоторых жилых групп составляющие около 80 % от общей площади дворовых покрытий, усиливают перегрев территории и представляют собой локальный источник пыли и песка, проникающих внутрь зданий. Огромный процент заасфальтированных территорий и полное отсутствие покрытий, способных пропускать через себя воду, давая тем самым жизнь многочисленным микроорганизмам, принципиальным образом меняют и очень часто, к сожалению, необратимо ландшафт дворовых пространств. Продолжают оставаться без должного внимания вопросы энергообеспечения придомовых пространств. Увеличивается стоимость коммунального обслуживания при общем ухудшении санитарно-гигиенического состояния жилой среды.

С учетом результатов проведенного анализа предлагается новая система организации дворовых пространств. Концепция формирования этой системы предполагает разработку и применение эко-социо-пространственного модуля, позволяющего на более качественном уровне моделировать открытые пространства. В отличие от существующей системы благоустройства жилых территорий, основанной на зонировании различных функций (детских, спортивных, хозяйственных площадок, пространств придомового озе-

ления и т.д.), предлагается использовать унифицированный многофункциональный модуль.

Структура и предметное наполнение пространственного многофункционального модуля представляет собой сочетание различных сценариев поведения людей. Размеры, границы, ориентация закрытых и открытых пространств направлены на поддержание определенных поведенческих стереотипов.

Средовое поведение человека в большой мере зависит от состояния участков деятельности. Ключевыми признаками, по которым можно судить о состоянии людей, являются выбираемая ими интенсивность контактов с другими людьми и интенсивность передвижения. В процессе освоения внешней жилой среды люди мысленно подразделяют ее на участки различной величины и сложности. Самый мелкий элемент этой структуры — персональное пространство или поведенческая ячейка, самый крупный — весь ареал жизнедеятельности или обитаемое пространство. В пространственной структуре доминируют пути передвижения, особо значимые места и различные районы. Оригинальные модели обитаемого пространства были разработаны К. Линчем, Н. Шульцем, Д. Портеусом [1].

Анализ территориального поведения людей, топологии обитаемого пространства жилого двора позволил выявить структурное построение пространственного модуля, который включает в себя комплекс взаимосвязанных микро-, мезо-, макропространств. Масштаб этих пространств определяется возможным уровнем взаимодействия людей: персональным общением, социальным контролем, пешеходной связанностью. Каждый из этих элементов имеет сложную внутреннюю структуру, состоящую из ядра, окружающего основной, содержательный ориентир или площадку, и периферии, дополняющей ядро.

Микропространство — место нахождения одного, двух человек. Размеры микропространств колеблются от 1 до 4 м². Микропространство формируется вокруг скамьи, опоры, пандуса, лестницы, фонаря, и т.д.

Мезопространство — участок территории, на котором могут находиться от 4 до 8 человек, включающий несколько микропространств. Размеры мезопространств могут иметь площадь от 10 до 30 м². Примерами микропространств являются беседка, водоем, песочница, игровой комплекс.

Макропространство — участок территории от 50 до 200 м², включающий несколько мезопространств, объединенных пешеходной связью. Примерами макропространств являются детская игровая площадка, спортивные площадки, площадки хозяйственные, прогулочные территории и т.д.

Предлагается использовать три группы пространственных модулей, позволяющих наиболее полно учесть проблемные ситуации при формировании открытого пространства жилого двора.

Группа социально-пространственных и функционально-планировочных модулей предполагает формирование предметно-пространственного окружения, позволяющего оптимизировать социальные функции жилой среды и создать условия для развития различных видов деятельности: воспитания детей; игр детей и подростков; физкультуры; досуга пожилых людей; прогулок с домашними животными; бытового самообслуживания и хозяйственной дея-

тельности; пешеходных передвижений и организации стоянок для личного автотранспорта и др.

Формирование экологических модулей предполагает улучшение качественного состояния открытых пространств жилой застройки за счет проведения целого ряда архитектурно-ландшафтных мероприятий, основанных на экологических принципах организации жилой среды: озеленение общественных пространств жилого двора; замена асфальтовых покрытий на влагопропускающие покрытия: булыжное и кирпичное мощение, дробленый бетон и т.д.; обводнение и орошение при общей экономии водных ресурсов; применение рециркуляционных экологических систем для сбора и переработки бытовых отходов; энергообеспечение различных функциональных процессов за счет использования солнечных «пассивных» и «активных» энергосистем [2].

Многофункциональный эко-социо-пространственный модуль — «экомод» — предлагается разработать на основе слиянии экологического, социально-пространственного, функционально-планировочного модуля. Этот новый пространственный модуль представляет собой комбинацию элементов, которые используются в различных сочетаниях друг с другом, при различных условиях функционирования, свойства предметно-пространственного окружения при этом сохраняются, так как в них отражается единая палитра социальных, экономических, функциональных и природных аспектов жизнедеятельности человека. Для наполнения пространственной среды «экомод» разрабатывается серия объемных элементов природного и искусственного содержания, которые должны отвечать требованиям пропорциональности, масштабности, комбинаторности, трансформативности, мобильности. В связи с этим существенно возрастает актуальность перехода к проектированию серий объемных элементов оборудования, которые могут разрабатываться из унифицированных элементов по типу «конструктор», для конкретных градостроительных условий, а в особых случаях и для конкретных жилых дворов.

Обобщая концепцию реновации открытых пространств жилой застройки, можно предположить, что методы организации пространственной среды жилых дворов, моделируемых на основе применения эко-социо-пространственных модулей, позволят вывести проблему совершенствования среды придомовых территорий из узких рамок «капитального ремонта и благоустройства» и подключить ее в качестве равнозначной составляющей в многоуровневую градостроительно-ландшафтную систему формирования открытых пространств города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крашенинников А.В. Жилые кварталы / под общ. ред. Н.Н. Миловидова, Б.Я. Орловского, А.Н. Белкина. М. : Высш. шк., 1988. 87 с.: ил.
3. Черешнев И.В., Черешнева Н.В. Экологическая реконструкция внутренних открытых пространств // Жилищное строительство. 2005. № 4. С. 17—19.

© Черешнев И.В., Багрянцева А.А., 2008

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА. ЛАНДШАФТНАЯ АРХИТЕКТУРА. ГОСТИНИЧНОЕ И КУРОРТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 502.1

М.В. Графкина

АЛГОРИТМ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Для комплексной оценки геоэкологической безопасности на предпроектных стадиях строительства предлагаются алгоритм и критерии оценки, основанные на анализе уязвимости экосистем и позволяющие выбрать оптимальный вариант размещения промышленных объектов и объектов энергетики.

К л ю ч е в ы е с л о в а: безопасность строительных систем; инженерно-экологические изыскания; геоэкологическая безопасность; строительные системы.

For a comprehensive evaluation of geo-environmental security in the pre-construction phases proposed algorithm and evaluation criteria, based on an analysis of the vulnerability of ecosystems and allowing to select the optimum placement of industrial sites and objects of energy.

K e y w o r d s: construction systems safety; engineering ecological surveys; geoecological safety; construction systems.

Инженерно-экологические изыскания для строительства выполняются для оценки современного состояния и прогноза возможных изменений окружающей природной среды под влиянием антропогенной нагрузки с целью предотвращения, минимизации или ликвидации вредных и нежелательных экологических и связанных с ними социальных, экономических и других последствий и сохранения оптимальных условий жизни населения [1]. Инженерно-экологические изыскания являются достаточно новым видом изысканий, поэтому система геоэкологических критериев и алгоритм комплексной оценки геоэкологической безопасности, относящиеся к выбору пункта / площадки размещения промышленных объектов к настоящему времени практически отсутствует.

Результатами геоэкологических и экологических исследований должны стать предложения по максимальному сохранению природного ландшафта; рекомендации по защите окружающей среды (ОС) — рекомендации по охране грунтов, почв, подземных вод, атмосферного воздуха, по борьбе с шумом, по рациональной инсоляции, аэрации и т. п. Следует разделить понятия геоэкологических и экологических исследований и критериев оценки.

Результатами геоэкологических исследований должны стать материалы по оценке изменений жизнеобеспечивающих ресурсов геосферных оболочек

под влиянием природных и антропогенных факторов и предложения по максимальному сохранению природного ландшафта и рекомендации по защите компонентов биотопов (атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, геологической среды) с целью сохранения для нынешних и будущих поколений людей продуктивной природной среды.

Результатами экологических исследований являются материалы по оценкам элементов биоценозов (почвы, флоры, фауны, микозов, микробиологических объектов), а также по оценке воздействия на здоровье населения. Последние не являются элементами собственно геоэкологических оценок и изучаются биологическими методами, но решение задач охраны окружающей среды носит комплексный характер и эти задачи должны быть определены при ландшафтных исследованиях с целью совершенствования методов проектирования природно-технических систем и изыскательской деятельности, обеспечивающих минимизацию техногенного воздействия на живую природу.

При завершении этапа изыскательских работ необходимо провести окончательный выбор оптимального варианта из системы конкурентных пунктов/площадок по каждому виду инженерных изысканий по определенным критериям, присущим этим видам изысканий. При этом проводится также анализ совокупности критериев, относящихся ко всем исследуемым природным условиям, с учетом негативных факторов, связанных с влиянием промышленных объектов на компоненты ОС. Оценивание должно проводиться в том числе с определением и сопоставлением экологических показателей рассматриваемых вариантов по качественному или детерминированному выражению некоторых частных, а на завершающем этапе — комплексных критериев, учитывающих степень воздействия промышленных объектов на ОС в конкретных геоэкологических условиях рассматриваемых конкурентных пунктов/площадок.

Предлагается следующий алгоритм выбора оптимального варианта.

1. Выделяются макро-, мезо-, микроуровни геоэкологического изучения территорий [2].

На макроуровне (с масштабами от 1:2500000 до 1:100000) оценивается влияние создаваемых ПТС как на состояние целостности ландшафтов, так и на отдельные компоненты экосистем с прогнозом изменений и интенсивности обратных (управляющих) связей, обеспечивающих гомеостаз, как сложившейся экосистемы, так и вновь создаваемой.

На мезоуровне (с масштабами от 1:100000 до 1:25000) рассматриваются конкретные территории, подлежащие застройке с прогнозом интенсивности прямых воздействий, как для целостных ландшафтов, так и на их отдельные компоненты.

На микротерриториальном уровне (с масштабами от 1:25000 до 1:2000 и даже крупнее) изучение геоэкологического состояния природно-технических систем (ПТС) приобретает важнейшее значение, так как на данном уровне разрабатываются конкретные строительные проекты с инженерными решениями по защите ОС.

Исследования позволяют определить K_n — коэффициент площадной нарушенности ландшафтов ($K_n = S_{ПТС+С} / S_{П}$). Если степень нарушенности ландшафта $K_n < 0,3$, то можно прогнозировать, что размещение промышленного

объекта на выбранных пунктах при дальнейшем развитии природно-техногенных процессов не приведет к нарушению динамического равновесия ПТС в целом.

2. После определения степени нарушенности ландшафта конкурентные пункты (площадки) предполагаемого строительства рассматриваются, анализируются и оцениваются по уровню техногенного воздействия на ОС. В зависимости от вида строительства, характера и уровня ответственности проектируемых зданий и сооружений определяются факторы воздействия на окружающую природную среду и система геоэкологических критериев.

3. Прогнозируются и моделируются уровни возможного негативного воздействия. Определяются детерминированные или качественные значения факторов негативного воздействия промышленных объектов для конкурентных пунктов/площадок размещения.

Необходимые данные могут быть получены в результате отдельных видов работ и исследований, условия взаимозаменяемости и сочетания которых с другими видами изысканий устанавливаются в программе инженерно-экологических изысканий в зависимости от вида строительства, характера и уровня ответственности проектируемых зданий и сооружений, особенностей природно-техногенной обстановки, степени экологической изученности территории и стадии проектно-изыскательских работ. Или на предпроектных стадиях допускается составление предварительного качественного прогноза неблагоприятных изменений окружающей природной среды, который уточняется и корректируется в дальнейшем на основе результатов дополнительных исследований на проектных стадиях, экологического мониторинга и моделирования [1].

4. Следует иметь в виду, что воздействие разных факторов на окружающую природную среду неодинаково. Поэтому определяются весовые коэффициенты разных факторов.

5. При выборе конкурентных вариантов преследуется основная цель — минимизация техногенного воздействия на окружающую природную среду от всех негативных факторов. Тогда оптимальным вариантом в сравнении с другими рассматриваемыми конкурентоспособными вариантами является тот, у которого комплексный геоэкологический критерий имеет наименьшую величину.

Предлагается следующая система геоэкологических критериев.

Критерий загрязнения атмосферы f_a . В качестве него предлагается принять величину [2]

$$f_a = \sum_j \sum_m N_{jm} \psi_{jm}, \quad (1)$$

пропорциональную коллективной дозе негативного воздействия (химического или радиационного облучения) на население, проживающее вокруг пункта размещения промышленного объекта. Здесь N_{jm} — численность населения в угловых секторах (румбах горизонта) j в интервале радиусов $[R_m, R_{m+1}]$ от источника негативного выброса, ψ_{jm} — соответствующие климатические значения коэффициента метеорологического разбавления у поверхности земли.

Критерий загрязнения водной среды f_v . На стадии выбора пункта размещения промышленного объекта гидрологическая изученность территории обычно недостаточно детальна. Поэтому при определении фактора f_v следует реально исходить лишь из самых общих характеристик поверхностных вод. В данном случае естественно принять на экспертном уровне оценку, учитывающую наличие водотоков и площадь водоемов в зоне влияния промышленного объекта.

Критерий загрязнения почвы f_n . Наибольшая часть химических загрязнений и радионуклидов попадает в почву в результате гравитационного осаждения частиц и их вымывания осадками из атмосферы. Таким образом, фактор f_n можно задать в виде величины, пропорциональной суммарному значению поля коэффициента метеорологического разбавления в зоне влияния строящегося объекта:

$$f_n = \sum_j \sum_m \Delta S_{jm} \psi_{jm}. \quad (2)$$

Здесь ΔS_{jm} — площади почвенного покрова в угловых секторах j в интервале радиусов $[R_m, R_{m+1}]$ от промышленного объекта АС.

Критерий изъятия земель и нарушения геологической среды f_z принимается как суммарная площадь изъятых земель и нарушенной геологической среды S_z в зоне проведения строительства.

Критерий воздействия на растительный и животный мир $f_{ржм}$ принимается на экспертном уровне и учитывает количественную характеристику и видовое многообразие флоры и фауны в зоне влияния строящегося объекта.

Критерий воздействия на особо охраняемые территории $f_{оот}$ также принимается на экспертном уровне с учетом наличия особо охраняемых территорий и их площади, входящей в зону влияния строящегося объекта.

Следует иметь в виду, что воздействие разных факторов строящегося объекта на ландшафтную оболочку неодинаково. Согласно [3] ущерб от загрязнения воздушного бассейна оценивается в 60 %, водной среды — в 30 % от общего экологического ущерба. Если оставшиеся 10 % равномерно отнести к остальным рассматриваемым четырем критериям (критерий загрязнения почвы, критерий изъятия земель и нарушения геологической среды, критерий воздействия на растительный и животный мир, критерий воздействия на особо охраняемые территории), можно получить следующие весовые коэффициенты воздействия на природную среду (см. табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Значения весовых коэффициентов

Критерии негативного воздействия	Весовые коэффициенты
Загрязнение воздушного бассейна	0,6
Загрязнение водной среды	0,3
Загрязнение почвы	0,025
Изъятие земель и нарушения геологической среды	0,025
Воздействие на растительный и животный мир	0,025
Воздействие на особо охраняемые территории	0,025

Для комплексной оценки геоэкологической безопасности создаваемых природно-технических систем используются методы, основанные на модели расстояния до эталонного варианта, в которых предполагается существование небольшого числа латентных характеристик, определяющих состояние строительного объекта, а, следовательно, и значение его комплексного экологического критерия. Кроме предположения о существовании латентных характеристик и эталонного варианта, фундаментальным для этих методов является предположение о наличии определенной зависимости между «близостью» объектов в области исходных частных экологических показателей и расстоянием между этими объектами в области латентных характеристик.

В соответствии с этими методами для комплексной оценки геоэкологической безопасности конкурентных вариантов размещения строительных объектов необходимо в пространстве частных экологических показателей задаться эталоном, которому соответствует точка с координатами $C_0(y_1, y_2, \dots, y_n)$, и выбрать соответствующую метрику $l(C_0, C_j)$, описывающую расстояние объекта до эталона.

В качестве эталона целесообразно выбирать идеальный вариант создаваемой строительной системы относительно функции цели, т.е. вариант, у которого все частные экологические показатели одновременно принимают наилучшие значения. В случае если идеальный вариант проектируемой системы принят как цель, к которой «стремятся» сравниваемые варианты, расстояние l_j от рассматриваемых альтернативных вариантов C_j до идеального варианта C_0 будет характеризовать геоэкологическую безопасность различных конкурентоспособных вариантов размещения строительной системы

$$l_j = d(\bar{C}_j, \bar{C}_0), \quad j = \overline{1, N}, \quad (3)$$

где d — функция, соответствующая используемой метрике; l_j — показатель, который характеризует геоэкологическую безопасность j -го конкурентного варианта размещения строительной системы.

Например, для измерения расстояния $l(C_j, C_0)$ между оцениваемыми вариантами C_j ($j = \overline{1, N}$) и идеальным вариантом C_0 в случае, если частные экологические показатели нельзя считать равноценными, можно использовать метрику Минковского

$$l(C_j, C_0) = \sqrt[n]{\sum_{i=1}^n \beta_i^2 (y_{ij} - y_{i0})^2}, \quad j = \overline{1, N}, \quad (4)$$

где β_i ($i = \overline{1, n}$) — весовые коэффициенты, учитывающие неравноценность частных экологических показателей; y_{ij} — значение i -го нормированного значения частного экологического показателя для j -го варианта; y_{i0} — значение i -й координаты вектора идеального варианта.

Значения $I(C_j, C_0)$, являющиеся комплексными экологическими показателями конкурентных систем и представляющие собой меру близости оцениваемых вариантов к идеальному, интерпретируются как комплексный геоэкологический критерий рассматриваемых вариантов. Неоднородность частных экологических показателей предопределяет необходимость проведения специальных преобразований — унификации и нормирования [2].

Результаты расчетов по предложенному алгоритму с использованием геоэкологических критериев для оптимизации выбора пункта размещения Архангельской АТЭЦ [2] приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Значения экологических показателей для конкурентных пунктов размещения Архангельской АТЭЦ

Экологические показатели	Правобережный	Рикасиха	Цигломень
Критерий загрязнения воздушного бассейна, с/м^3	$2,87 \times 10^{-2}$	$1,16 \times 10^{-2}$	$3,78 \times 10^{-2}$
Критерий загрязнения водной среды, баллы	3	3	2
Критерий загрязнения почвы, $\text{с/км}^2/\text{м}^3$	$0,863 \times 10^{-4}$	$2,59 \times 10^{-4}$	$4,71 \times 10^{-4}$
Критерий изъятия земель и нарушения геологической среды, баллы	2	2	2
Критерий воздействия на растительный и животный мир, баллы	2	2	2
Критерий воздействия на особо охраняемые территории, баллы	0	0	0
Комплексный геоэкологический критерий	0,54	0,34	0,60

Анализ результатов оценки геоэкологической безопасности конкурентных пунктов размещения: Правобережный, Рикасиха, Цигломень — показывает, что по комплексному геоэкологическому критерию лучшим для строительства атомной станции является пункт Рикасиха.

Разработанные алгоритм и критерии оценки геоэкологической безопасности на предпроектных стадиях строительства, основанные на анализе уязвимости экосистем, позволяют выбрать оптимальный вариант размещения промышленных объектов и объектов энергетики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 11-102—97. Инженерно-экологические изыскания для строительства / Госстрой России. М., 1997. 41 с.
2. Графкина М.В., Брюхань Ф.Ф., Потапов А.Д. Выбор оптимального варианта размещения атомных станций по геоэкологическим критериям // Вестник МГСУ. 2008. № 3. С. 24—84.
3. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. М. : Финансы и статистика, 1999. 671 с.

© Графкина М.В., 2008

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

УДК 711.455:338.48(470.45)

Э.С. Косицына, О.В. Горячева

РАЗВИТИЕ ТУРИЗМА И ГОСТИНИЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ВОЛГОГРАДЕ И ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Рассмотрены вопросы формирования сети малых гостиниц в городе и области с целью расширения гостиничной базы и превращения Волгограда в крупный международный туристический центр.

К л ю ч е в ы е с л о в а: гостиничные комплексы, туризм, малые гостиницы.

The authors consider the issues of the formation of a net of small hotels in the city and region, aimed at extending the hotel base and transforming Volgograd into a large international tourist centre.

К e y w o r d s: hotel complexes; tourism; small hotels.

По данным исследований Мирового совета по туризму и экскурсиям и Всемирной туристической организации, туризм сегодня является крупнейшей и наиболее динамичной индустрией мира. Оборот отрасли — около 5000 млрд дол. — составляет почти 11 % общемирового валового национального продукта, больше чем в автомобильной, сталелитейной и нефтяной промышленности, электронике и сельском хозяйстве.

Вместе с ростом благосостояния и увеличением досуга большое значение приобретает проблема организации массового кратковременного и длительного отдыха городского населения.

В погожие летние дни одновременно выезжает за город на кратковременный отдых до 20 % населения. Однако емкость учреждений и территорий, предназначенных для загородного отдыха, незначительна: они могут вместить лишь 2-3 % жителей, выезжающих за город в день «пик». Основная масса населения вынуждена отдыхать в условиях, мало приспособленных для этой цели, переуплотняя существующие курортные и дачные поселки или располагаясь в местах, лишенных элементарного благоустройства и обслуживания.

Размещение мест отдыха, особенно длительного назначения и лечебного профиля должно основываться на изучении природно-климатических особенностей региона.

Волгоград является одним из крупных туристических центров, который ежегодно посещают сотни тысяч человек из России, ближнего и дальнего зарубежья. Их привлекают живописность волжской излучины, Ергенинские минеральные источники, климат с обилием солнечных дней и десятки памятников, напоминающих о трагических и героических событиях в истории города, прежде всего, в связи со Второй мировой войной.

Волгоградская область обладает разнообразными рекреационными ресурсами. В отдаленных уголках региона сохранилась девственная природа, богатая флорой и фауной. В европейской части России осталось немного подобных мест, где ковыльная степь чередуется с красивыми заливными лугами, а нагорные дубравы соседствуют с песчаными барханами и меловыми горами.

Территория Волгоградской области обладает благоприятными условиями для организации отдыха населения, развития туризма и гостиничного хозяйства. К ним относятся:

- 1) благоприятное экономико-географическое и транспортно-географическое положение, климатические условия — умеренный сухой климат;
- 2) фактор социально-политической стабильности;
- 3) природно-ресурсный фактор — наличие рекреационных зон, памятников природы, водные ресурсы, живописные ландшафты, богатый животный мир, минеральные воды, соленые озера, лечебный ресурс — кумыс;
- 4) историко-культурный фактор — памятники Великой Отечественной войны, архитектуры, монументального искусства, различные музеи, археологические «свидетельства» древней сарматской культуры и Золотой орды;
- 5) инфраструктурный фактор — наличие гостиниц и санаториев, не отвечающих требованиям мировых стандартов;
- 6) экологический фактор — наличие экологически «чистых» ландшафтов;
- 7) этнический фактор — область является многонациональной;
- 8) национальные ремесла.

Такое разнообразие факторов дает возможность появлению различных видов туризма: экологического, приключенческого, сельского, курортного, туристско-рекреационного, экскурсионного, бальнеологического и др.

Задачи преобразования Волгограда в крупный международный туристический центр особенно актуальны с учетом увеличения объемов туризма и обеспечения современных стандартов качества туристического обслуживания и требуют расширения, модернизации и реструктуризации гостиничной базы города. Одним из перспективных подходов в этом направлении является создание в Волгограде сети малых гостиниц, которые, дополняя крупные и средние, сформируют деловую и туристическую привлекательность города, будут способствовать развитию в Волгограде малого бизнеса, созданию новых рабочих мест в сфере услуг, росту поступлений в бюджет города и муниципальных бюджеты.

Как показывает практика, малые гостиницы в своем большинстве — это независимые гостиницы, находящиеся в свободном владении, распоряжении и пользовании обладателя, получающего прибыль от такой собственности. Наличие договорных обязательств с другими компаниями в вопросах управления и использования чужого знака обслуживания не влечет за собой изменения статуса предприятия как независимого по отношению к другим объектам рыночных отношений.

В настоящее время в городе и области развиты гостиничные предприятия, ориентированные в основном на деловой туризм, например гостиница «Южная» с трехзвездочным конференц-залом, и рекреационно-бальнеологические, как правило, летние санатории дома отдыха с очень низким уровнем сервиса.

Недорогие и очень уютные гостиницы смогли бы принимать гостей города, которые не могут позволить себе проживать долгое время в гостиницах высокого класса, таких как, например, «Волгоград» и «Интурист». Услугами таких гостиниц с удовольствием воспользовались бы и иностранные бизнесмены, которые в настоящий момент, в силу неразвитости нашего отечествен-

ного рынка гостиничных услуг, вынуждены платить непомерно высокую плату за проживание в отелях города.

Формирование в Волгограде сети малых гостиниц определяется, на наш взгляд, необходимостью решения следующих задач:

обеспечение повышающихся объемов въездного туризма гостиничными услугами на уровне современных международных стандартов;

создание новых мест в сфере услуг;

трудоустройство специалистов, высвобождающихся в результате закрытия гостиниц, а также для других категорий безработных;

поддержка предпринимательства в сфере малого бизнеса при создании малых гостиниц.

Актуальность создания малых гостиниц в Волгограде обусловлена не только с точки зрения формирования деловой и туристской привлекательности города, но и потребностью качественного расширения выбора мест проживания и отдыха для зарубежных и российских гостей города в соответствии с целями приезда и индивидуальными предпочтениями.

Развитие в Волгограде сети малых гостиниц, на наш взгляд, должно базироваться на следующих основополагающих принципах:

функционирование малых гостиниц должно осуществляться на основе современного менеджмента и с учетом особенностей работы и технологии в малом гостиничном бизнесе;

формирование общей инфраструктуры, проведение единой ценовой, рекламной и иной политики, централизация других функций должны обеспечить малым гостиницам высокую конкурентоспособность по сравнению с другими сегментами гостиничного рынка, обеспечивая при этом высокое качество обслуживания.

Для развития гостиничного хозяйства и туризма на территории Волгоградской области можно предложить несколько видов гостиниц:

1) гостинично-туристический комплекс с рекреационным и бальнеологическим назначением на левом берегу Волги, круглогодичный, 4-звездочного класса (оз. Эльтон). Сочетание природных условий, хорошего сервиса и сравнительно низкой цены привлечет поток туристов (возможно даже иностранных);

2) строительство моста через Волгу, дорога федерального значения обусловливают необходимость постройки транзитных мотелей вдоль трассы по Волгоградской области;

3) природные ресурсы делают возможным строительство клубных гостиниц для яхтсменов, байдарочников, рыболовов, охотников, любителей верховой езды и т.п.;

4) многонациональность населения позволяет устраивать небольшие гостиницы, в архитектуре и интерьерах которых поддерживаются национальные традиции и черты того или иного народа, где туристы могут не только познакомиться с культурой и историей народа, но и поучаствовать в традиционных праздничных обрядах, попробовать национальную кухню (например, казачьи свадьбы и т.п.);

5) развитие народных ремесел (известных по стране), таких как урюпинские пуховые платки, лозоплетение, резьба по дереву и других, благоприятно для постройки малых гостиниц для желающих поучаствовать в творче-

ских процессах, приобрести сувениры. Такие гостиницы будут более привлекательны для иностранных гостей;

6) для развития молодежного туризма необходима постройка отелей рекреационно-развлекательного типа не очень высокого класса;

7) перспективным направлением является развитие экотуризма. Для улучшения ситуации в природоохранных зонах области возможно строительство в разумной близости от них малых гостиниц специального назначения — для желающих принять участие в исследовательских работах и природоохранных мероприятиях: в восстановлении лесных насаждений, очистке малых рек, ручьев и т.п.

Преимущественное строительство небольших гостиниц средней классности объясняется не только экономическими причинами (недостаточностью инвестиций, не развитым на данном этапе спросом), но и стремлением сохранить имеющиеся природные ресурсы. Ведь крупные гостиничные комплексы высокой классности потребуют соответствующей инфраструктуры и инженерных коммуникаций, которые могут нанести урон природной среде. Малые гостиницы можно строить, основываясь на принципах строительства экодомов, в которых решаются вопросы энергоснабжения здания и утилизации отходов.

Малые гостиницы могут обслуживаться небольшим контингентом работников, это возможность для развития малого предпринимательства и семейного бизнеса.

Используя зарубежный опыт, можно утверждать, что малые гостиницы, дополняя крупные и средние, в экономическом плане менее зависимы от изменения конъюнктуры рынка гостиничных услуг и имеют возможность быстрой ценовой переориентации. Объединение малых гостиниц в цепи с установлением единых стандартов обслуживания и централизованным (через управляющую гостиничную компанию) предоставлением гостиницами ряда услуг, в том числе по бронированию мест, материально-техническому обеспечению, безопасности и др., в значительной мере снижает издержки на управление и повышает рентабельность малых гостиничных предприятий, особенно с учетом вводимых административных и экономических механизмов поддержки малого бизнеса.

Принятие концепции создания малых гостиниц в Волгограде и области поможет региону занять престижное место не только на российском, но и на мировом туристическом рынке.

© Косицына Э.С., Горячева О.В., 2008

УДК 721.011.22

Г.В. Мартынова

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НОРМ ИНСОЛЯЦИИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ Г. УХТЫ (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

Проведен анализ жилой застройки 1950—1970-х гг. г. Ухты (Республика Коми) по обеспечению норм инсоляции. Рассмотрена возможность реконструкции данной застройки с учетом этих норм.

К л ю ч е в ы е с л о в а: инсоляция; жилая застройка.

We dissected analysis of the 1950-60-th apartment block in Ukhta in the Komi Republic for guaranteeing insolation norms. We examined the opportunity for reconstruction this dwelling with a glance this norms.

К e y w o r d s: insolation; residential development.

Одним из требований определения расстояния между жилыми зданиями является требование обеспечения нормируемой инсоляции. Нормы по проектированию инсоляции застройки распространяются на проектирование новой застройки и реконструкцию старой. Необходимо проверять получаемые в результате реконструкции разрывы между домами на нормативную инсоляцию особенно в северных районах, где инсоляция имеет большой положительный психоэмоциональный, общеоздоровительный и saniрующий эффект.

Проведен анализ возможной реконструкции жилой застройки старой части города г. Ухты в районе улиц Дзержинского, Оплеснина и проспекта Ленина из условий обеспечения нормируемой инсоляции жилых квартир и дворовых территорий.



Рис. 1. Район застройки старой части г. Ухта

Исследование было проведено в связи с увеличивающимся объемом работ по реконструкции микрорайонов и отдельных объектов, расположенных вдоль улиц. Реконструкция этих объектов часто ведется за счет увеличения высоты здания в результате наращивания этажей и иногда за счет увеличения ширины корпуса в результате пристроек лестнично-лифтовых узлов и лоджий, что приводит к увеличению зон затенения и, как следствие, уменьшению инсоляции.

Анализ основывался на предыдущей работе автора по этому вопросу (доклад на научно-технической конференции УГТУ), в которой были определены оптимальные разрывы между домами для разных географических широт при различном азимуте расположения домов, а также при различном световом угле, соответствующих району строительства и конструкции наружных стен. Также учитывались возможные разрывы между домами с торцов зданий. Для г. Ухты результаты приведены в таблице.

Зависимость ширины улиц от расположения домов

Расположение домов	Азимут дома, A_0 , град, относительно северного направления	Оптимальная ширина улицы, $B_{\text{опт}}$, в зависимости от высоты дома H , м, при наружных стенах из кирпича
Меридиональное	0°	4,5...6,7 Н
	15°	2,75...3,75 Н
	30°	2,5...2,75 Н
	45°	2,3 Н
	60°	2,07 Н
	75°	2,0 Н
Широтное	90°	2,1Н

Анализ расчетов, приведенных в таблице, показывает, что минимальная ширина улиц для г. Ухты по условиям инсоляции будет в пределах азимута 60° ... 90° , что соответствует расположению домов от диагонального — 60° до широтного — 90° ; максимальная — при меридиональном расположении домов.

Высотный анализ существующей застройки дал такие результаты. Старая застройка (50—70-х гг. прошлого века, до начала строительства панельных домов в г. Ухте) отличается постепенным наращиванием этажности в направлении от улицы Дзержинского к проспекту Ленина. Дома по улице Дзержинского, четная сторона, преимущественно двух-, трехэтажные. Дома вдоль ул. Оплеснина преимущественно четырехэтажные. Дома вдоль проспекта Ленина, а также вдоль проспекта Космонавтов между этими улицами, преимущественно пятиэтажные. Исключение составляют дома по нечетной стороне улицы Дзержинского от автовокзала до школы №10 и дома-вставки более поздней застройки по улице Оплеснина.

Плотность застройки данного района выше более поздней городской застройки, например, района улиц Юбилейной, 30 лет Октября, Крымской и проезда Дружбы, приведенных на фрагменте генплана города (см. рис. 1).

Инсоляционный анализ существующей застройки показывает, что уже сейчас некоторые территории данного района не соответствуют нормам. В

первую очередь, это участок № 1 на фрагменте генплана по улице 40 лет Коммунистической России. Хотя этажность домов здесь небольшая, всего четыре этажа, ширина улицы при неблагоприятном меридиональном расположении домов составляет всего 1,8 Н (рис. 2, а и б), что намного меньше нормы. Кроме того, вдоль улицы посажены тополя, которые оказывают дополнительное затенение. Дома по проспекту Ленина (№ 6—12) составляют второй неблагоприятный участок по инсоляции — № 2. Здесь также наблюдается неблагоприятное меридиональное расположение домов. И хотя расстояние между домами несколько больше 1,9...2,1 Н — оно намного меньше нормы. В результате недостаточно инсолируются первые этажи жилых зданий и дворовая территория (рис. 2, в и г — вид на этот участок со стороны проспекта Ленина, рис. 2, д и е — со стороны школы № 18). Неблагоприятный инсоляционный режим этих территорий проявляется в позднем таянии снега в весенний период и застаивании луж летом и осенью. Третий неблагоприятный участок № 3 находится по улице Дзержинского (дома № 1—9). Дома на участке пятиэтажные (рис. 2, ж и з — вид на этот участок с последовательно расположенных мостиков через реку Чибью). Расположение домов диагональное, но составляет всего 15°. Расстояние между домами 1,6...1,8 Н, что значительно меньше нормативного при данном расположении домов. Но по сравнению с первыми двумя участками, участок по улице Дзержинского находится в лучшем положении, так как дома располагаются в один ряд и территория со стороны р. Чибью открыта, что более благоприятно для инсоляции и проветривания.

Реконструкция домов на данных участках возможна в следующем:

- 1) реконструкция отделки фасадов, в т.ч. с применением современных систем остекления фасадов — так называемых двойных фасадов, обладающих повышенными теплоизоляционными характеристиками;
- 2) реконструкция первых этажей с изменением планировочного решения без значительного увеличения ширины корпусов;
- 3) реконструкция чердачной кровли на мансардную без наращивания этажей при соответствующей реконструкции первых этажей с улучшенным планировочным решением или расположением в них нежилых помещений.

Реконструкция с наращиванием этажей и устройством вставок между домами на данных участках по условиям инсоляции недопустима.

На остальной территории района возможна реконструкция вдоль улиц. Наиболее благоприятны в этом отношении дома вдоль проспекта Космонавтов и на пересечении проспекта Космонавтов и улицы Ленина. Здесь возможны все варианты реконструкции, в том числе наращивание этажей и вставки.

Интересен участок в перспективе реконструкции по улице Оплеснина на пересечении с улицей Октябрьской (рис. 2, и и к). По улице Октябрьской уже проведена реконструкция дома № 23 напротив автовокзала (рис. 2, л и м), дом № 5 по улице Оплеснина, на первом этаже которого располагается филиал организации «Ухтабанк» (рис. 2, н), соответствует новому типу застройки. Дальнейшая реконструкция домов этого участка значительно улучшит архитектурный облик данного района города.

Реконструкция домов между улицами внутри дворов возможна, но в каждом конкретном случае требует инсоляционного расчета. Так как уже есть опыт реконструкции дома по улице Оплеснина № 24б, который привел к ухудшению инсоляции помещений. В данном доме проведена и продолжает

проводится реконструкция балконов с заменой их на лоджии (рис. 2, *о* и *п*). Этот дом располагается меридионально, что, как мы отметили, является неблагоприятным расположением. И дополнительное устройство лоджий небольшой длины и с боковыми глухими стенами значительно ухудшает инсоляцию.



Рис. 2

Проведенный анализ показал необходимость всестороннего решения проблемы реконструкции старой застройки северных городов, в т.ч. с учетом норм инсоляции.

Поступила в редакцию в ноябре 2008 г.

© Мартынова Г.В., 2008

УДК 711.4:628.517.2

О.А. Ганжа, Э.С. Косицына

УЧЕТ ФАКТОРА ШУМА ПРИ СОЗДАНИИ АКУСТИЧЕСКИ БЛАГОПРИЯТНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ И ОЦЕНКЕ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ

Рассматриваются применение нормированного показателя шумового воздействия — относительной шумовой нагрузки — при проведении оценки качества акустической среды и учет данного критерия в практике оценки объектов недвижимости.

К л ю ч е в ы е с л о в а: шумовая нагрузка; акустическая среда; недвижимость, оценка качества.

The paper considers the application of normalized noise impact index – of relative noise load, within the framework of the evaluation of acoustic environment quality and the accounting for this criterion in the practice of real estate objects evaluation

Key words: noise load; acoustic environment; real estate, quality assessment.

Городская среда жизни человека — это совокупность внутриквартирной жилой среды, искусственной среды вне квартир (предприятий, учреждений, улиц, дорог, транспорта и т.д.), среды культурных ландшафтов (парков, садов и пр), естественной природной среды, а также социально-психологической и социально-экономической сред. Качественное состояние этой среды существенно влияет на ценность того или иного объекта недвижимости.

От того насколько благоприятна экологическая обстановка территории, на которой размещен, например, жилой дом или офисное здание, зависит масштаб спроса на эти объекты недвижимости. Покупатель, в зависимости от своего материального достатка, хочет иметь надежное, здоровое, экологически чистое жилье с максимальным набором удобств и экономичное в эксплуатации. Следовательно, стоимость объектов недвижимости находится в прямой зависимости от уровня антропогенного загрязнения, в т.ч. и шумового.

Экологические факторы в контексте недвижимости — это совокупность чисто природных и природно-антропогенных факторов, не являющихся средствами труда, предметами потребления или источниками энергии и сырья, но оказывающих непосредственное воздействие на эффективность и полезность использования объектов недвижимости.

При оценке объекта недвижимости экологические факторы необходимо рассматривать как метаинфраструктуру, существенно влияющую на стоимость этого объекта. Ценность этой метаинфраструктуры, выраженная в стоимостной (денежной) форме, определяет вклад совокупности экологических факторов в стоимость объекта недвижимости, который может быть позитивным или негативным.

В практике оценки стоимости недвижимости в качестве реципиента (объекта, находящегося в загрязненной окружающей среде) рассматривается объект недвижимости, состоящий из материальной структуры (земельный участок, здания и сооружения, сельскохозяйственные угодья и т.д.) и «одушевленной» составляющей (люди, проживающие либо работающие на объектах недвижимости, размещенных на загрязненных территориях).

Наиболее сложной проблемой является выделение влияний среди прочих факторов для обоснованной оценки ущерба от загрязнения. Для определения экономического ущерба от загрязнения окружающей среды применяется метод эмпирических зависимостей, основанный на статистической обработке фактических данных о влиянии различных существенных факторов (включая уровень загрязнения окружающей среды) на изучаемый показатель состояния реципиента. Он позволяет получить приближенные эмпирические зависимости между состоянием реципиента и уровнем загрязнения при фиксации прочих факторов:

$$d = f(x, z), \quad (1)$$

где d — состояние реципиента (темп физического износа зданий и сооружений, заболеваемость и т.п.); x — вектор прочих факторов; z — вектор уровней загрязнения, например, шумового загрязнения, характеризующийся эквивалентным уровнем звука, превышающим допустимые значения.

В результате статистической обработки информации по загрязненному району отсеиваются статистически незначимые факторы и определяется окончательный вид статистической модели, включающей те ингредиенты загрязнения, которые окажутся значимыми.

Наиболее надежным путем построения эмпирических зависимостей является применение метода главных компонент. На первом шаге устанавливается связь главных компонент с исходными факторами, например, уровня загрязнения и прочих значимых факторов. На втором шаге определяется зависимость состояния реципиента от главных компонент:

$$\begin{aligned} F_1 &= \varphi(x); \\ F_2 &= \varphi(z); \\ D &= a_0 + a_1 F_1 + a_2 F_2, \end{aligned} \quad (2)$$

где F_1 — значение главной компоненты прочих факторов; F_2 — значение главной компоненты уровней загрязнения; a_0, a_1, a_2 — параметры связи главных компонент с показателем состояния реципиента.

Основные достоинства модели (2) по сравнению с моделью (1) заключаются в том, что метод главных компонент позволяет оценить влияние независимых переменных на состояние реципиента, чего не всегда удается достичь при использовании уравнений регрессии.

В индексной квалиметрии измерение и оценивание качества объекта и процессов во времени осуществляется с помощью индексов. Индекс — это мера качества, построенная на применении операций нормировки по базе индексации. Такими базами индексации выступают показатели качества объектов и процессов в базовом периоде времени (декаде, месяце, году и т.д.). Для оценки качества используются единичные и агрегатные (групповые) индексы. Единичный индекс представляет собой результат нормировки показателей одного вида на базе индексации без предшествующего или последующего разложения показателя.

Одним из индикаторов устойчивого развития городов является индикатор качества городской среды, в состав которого входит качество акустической среды, поскольку в настоящее время шум рассматривается как один из наиболее агрессивных показателей загрязнения городской среды. В системе

приоритетных оценок шум занимает третье место наряду с загрязнением воздушного и водного бассейнов.

Для проведения сравнительного анализа территорий, имеющих сложную картину распространения звука в различных композиционных решениях городской застройки, используется метод расчета шумовых нагрузок, которые характеризуют степень шумового воздействия источника шума на рассматриваемом участке территории [1]. Такой подход дает возможность провести сравнение территориальных ячеек между собой, что удобно использовать при принятии решений по организации благоприятной акустически комфортной среды. В качестве такой территориальной ячейки при оценке шумовой нагрузки на территории в зоне перекрестка может быть сам перекресток и территории, прилегающие к нему: жилые группы или междомагистральные территории в целом.

Качество акустической среды в зоне перекрестка и шумовой режим на территориях, прилегающих к нему, могут быть оценены единичным индексом — относительной шумовой нагрузкой.

Критерий относительная шумовая нагрузка, который представляет собой результат нормировки показателя шумового воздействия, описывает качественную характеристику шумового режима на территории — уровень акустической опасности. Обратная ей величина индекса может быть определена как критерий акустической безопасности. Лучшему качеству акустической среды соответствует большее значение индекса критерия акустической безопасности.

Критерий относительной шумовой нагрузки определяется путем установления прямого отношения энергетической суммы шумовых характеристик транспортных потоков в зоне перекрестка с нормативным значением на участке исследуемой территории

$$K_{\text{отн}} = \frac{L_{\Sigma}}{L_{\text{доп}}}, \quad (3)$$

где L_{Σ} — суммарный уровень шума нескольких источников, дБА,

$$L_{\Sigma} = 10 \lg(10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + \dots + 10^{0,1L_n});$$

$L_{\text{доп}}$ — допустимое значение эквивалентного уровня звука на рассматриваемой территории, дБА.

Усредненное значение относительной шумовой нагрузки перекрестка определяется как отношение суммы критериев относительной шумовой нагрузки каждого участка, расположенного на сторонах перекрестка, к количеству сторон перекрестка. Определение данных критериев позволит выявить территории, расположенные вблизи перекрестка, имеющие высокие уровни шума и установить степень акустической опасности.

Для установления степени акустической опасности по (3) рассчитаны значения относительной шумовой нагрузки территорий, примыкающих к перекрестку (табл. 1).

Ранжирование таких территорий проведено по степени акустической опасности согласно оценочной шкале по категориям (табл. 2).

По степени акустической опасности рассмотренные типы перекрестков относятся к категории умеренно опасных и опасных территорий.

Т а б л и ц а 1

Значения критерия относительной шумовой нагрузки территорий, примыкающих к перекресткам

Тип перекрестка	Номер точки на исследуемой стороне перекрестка	Величина допустимого уровня звука, $L_{Аэквдоп., дБА}$	Суммарный эквивалентный уровень звука, $L_{Аэкв}$	Значение относительной шумовой нагрузки территории, $K_{отн}$	Усредненное значение шумовой относительной нагрузки перекрестка
А (пересечение общегородской магистрали и магистрали районного значения)	1	55	80	1,5	1,43
	1'	55			
	2	55	80	1,5	
	2'	55			
	3	55	77	1,4	
В (пересечение 2 магистралей районного значения)	4	55	76	1,4	1,43
	1	55	79	1,44	
	1'	55			
	2	55	78,5	1,42	
	2'	55			
С (пересечение магистрали общегородского значения с улицей местного значения)	3	55	79,5	1,44	1,6
	4	55	78	1,42	
	1	55	79,4	1,44	
	1'	55			
	2	55	79,4	1,44	
D (пересечение магистрали районного значения и улицей местного значения)	2'	55			
	3	45	78,8	1,75	1,36
	3'	45			
	4	45	78,5	1,75	
	4'	45			
	1	55	74,4	1,35	1,36
	1'	55			
	2	55	72,8	1,32	
	2'	55			
	3	55	73,0	1,32	
	3'	55			1,36
	4	50	71,8	1,44	
	4'	50			

Т а б л и ц а 2

Оценочная шкала степени акустической опасности шумового воздействия

Степень акустической опасности	Значение критерия шумовой нагрузки $K_{отн}$
Малоопасная	менее 1,0
Умеренная	$1,0 \leq K_{отн} \leq 1,3$
Умеренно опасная	$1,3 \leq K_{отн} \leq 1,5$
Опасная	$1,5 \leq K_{отн} \leq 2,0$
Чрезвычайно опасная	$K_{отн} \geq 2,0$

Таким образом, нормированный показатель степени шумового воздействия представляет собой характеристику качественного состояния акустической среды и имеет большое значение для проведения экологической экспертизы (идентификации качественного состояния окружающей среды на территориях размещения объектов недвижимости), а также при оценке объекта недвижимости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Заборщикова, Н.П., Петрякова С.В. Шум города. Оценка и регулирование шумового режима селитебных территорий. М. : Изд-во АСВ ; СПб. : СПбГАСУ, 2004. 112 с.

Поступила в редакцию в ноябре 2008 г.

© Ганжа О.А., Косицына Э.С., 2008

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 626/627(075.8)

А.О. Шестопал, А.Н. Богомолов, Я.В. Качурин, А.В. Соловьев, М.Ю. Нестратов, С.И. Шиян, И.В. Якименко

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ НИЖНЕЙ ГОЛОВЫ ШЛЮЗА № 1 ВОЛГО-ДОНСКОГО ВОДНОГО ПУТИ

Приведены результаты расчета устойчивости нижней головы шлюза № 1 Волго-Донского водного пути. Показано, что эксплуатационная надежность сооружения обеспечена.

К л ю ч е в ы е с л о в а: гидротехнические сооружения, устойчивость, шлюзы, эксплуатация безопасная.

The paper presents the results of the stability analysis of downstream end of lock # 1 at the Volga-Don waterway. The authors show that the operation reliability of the construction is secured.

K e y w o r d s: hydraulic constructions, stability, locks, safe operation.

Причиной проведения исследования устойчивости объекта послужило постоянное расширение деформационного шва, расположенного между нижней головой (НГ) шлюза № 1 и VII секцией шлюзовой камеры, которое фиксируется показаниями щелемеров.

Показания приборов снимаются регулярно, трижды в месяц, по трем координатным осям. При этом направление оси *X* принято вдоль судового хода, оси *Y* — перпендикулярно судовому ходу, а оси *Z* — по вертикали.

Установлено, что изменения ширины деформационного шва вдоль осей *Y* и *Z* весьма малы. Так за период с января 1985 г. по январь 2007 г. (т.е. за 22 года) суммарные вертикальные смещения левой стороны головы составили +4,9 мм, правой — –7,0 мм.

Иначе обстоит дело с изменением ширины деформационного шва по оси *X*: с правой стороны нижней головы ширина шва за последние 22 года увеличилась на 2...3 мм, а с момента начала наблюдений это увеличение составляет 16...17 мм. С левой стороны НГ с момента начала наблюдений до 1990 г. увеличение ширины деформационного шва составило всего 3...5 мм. Зато, начиная с 1990 г. ширина шва постоянно возрастает и сейчас достигает 15 мм. Получается, что нижняя голова сначала как бы продвинулась правым устоем вперед, а затем стала продвигаться уже левым устоем в том же направлении.

Анализ показаний щелемеров, расположенных между VI и VII секциями шлюзовой камеры, позволяет сделать вывод о том, что весьма незначительные смещения стен последней не оказывают, из-за своей малости, сколько-нибудь заметного влияния на величину раскрытия деформационного шва.

Чтобы выяснить, не является ли увеличение ширины деформационного шва следствием крена головы в сторону р. Волги, проведена нивелировка поверхностных марок, расположенных по углам нижней головы.

На основе обработки и анализа полученных результатов установлено, что с 1968 по 2007 г. осадка НГ со стороны VII секции возросла на 12 мм, а со стороны Волги — на 7 мм. Возникший при этом очень небольшой продольный крен сооружения должен не увеличивать, а, напротив, уменьшать ширину деформационного шва. Учитывая, что расстояние между нивелировочными марками примерно в полтора раза больше, чем высота нижней головы, увеличение ширины шва можно оценить значением 5...8 мм, которое накоплено за 40 лет существования объекта. Причем за последние 17 лет зазор увеличился всего лишь на 1...2 мм.

Не удалось объяснить увеличение ширины деформационного шва и предположением о том, что этот процесс генерируется малыми смещениями устоев нижней головы, которые возникают при каждом шлюзовании. Эти смещения могли бы возникнуть за счет осыпания песка обратной засыпки в щель, образующуюся между ней и бетонным массивом нижней головы. Аналогичная ситуация наблюдалась много лет назад на одном из шлюзов канала им. Москвы. Однако, индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм, установленные на деформационном шве, никаких смещений при шлюзовании не зафиксировали.

Согласно п. 5.3 СНиП 33-01—2003 «Гидротехнические сооружения. Основные положения» [1] для обоснования надежности и безопасности гидротехнических сооружений должны выполняться «расчеты напряженно-деформированного состояния системы «сооружение — основание» на основе применения современных, главным образом, численных методов механики сплошной среды с учетом реальных свойств материалов и пород оснований. Обеспечение надежности системы «сооружение-основание» должно обосновываться результатами расчетов по методу предельных состояний их прочности, устойчивости».

Поэтому нами выполнен расчет на устойчивость нижней головы шлюза № 1 по методике СНиП 33-01—2003 и на основе анализа напряженно-деформированного состояния грунтового массива основания [2], который проведен методом конечных элементов [3].

Согласно таблице Б.2 (п. 4) обязательного приложения Б к СНиП 33-01-2003 «Гидротехнические сооружения. Основные положения» и п. 5.3.3 того же документа, все инженерные сооружения шлюза № 1 Волго-Донского водного пути относятся к сооружениям II класса, а коэффициент надежности (коэффициент запаса устойчивости K) назначается равным $\gamma_n=1,2$.

На рис. 1 приведена расчетная схема нижней головы шлюза № 1 по методике СНиП 33-01—2003. При сборе нагрузок применялся коэффициент надежности по нагрузке, который для нагрузки от собственного веса сооружения равен $\gamma_f = 0,95$, а для бокового давления грунта — $\gamma_f = 0,8$ [1].

Все данные, необходимые для расчета, получены при изучении проектной документации, находящейся в архиве [4], и на основе проведенных инженерно-геологических изысканий [5].

Согласно архивным данным грунт основания нижней головы имеет угол внутреннего трения $\varphi = 29^{\circ}07'$ и удельное сцепление $C=0,25$ кг/см².

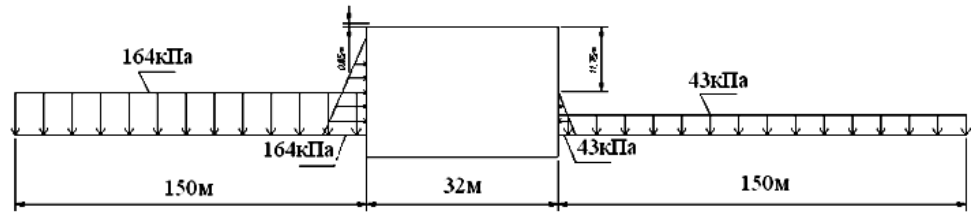


Рис. 1. Расчетная схема нижней головы шлюза № 1

В результате инженерно-геологических изысканий ООО «Радан-С» [5] для грунтов в основании нижней головы установлены значения угла внутреннего трения $\varphi=33^\circ$ и удельного сцепления $C=1$ кПа, а для грунтов обратной засыпки — $\varphi=26^\circ$ и $C=0$. Удельный вес грунта засыпки $\gamma = 19,0$ кН/м³.

В результате расчета величина коэффициента надежности нижней головы оказалась равной $\gamma_n=5,7$, что в 4,75 раза выше нормативного значения.

В качестве поверочного был проведен расчет величины коэффициента надежности в случае возникновения аварийной ситуации, связанной с полным выходом из строя шпонки между нижней головой и седьмой секцией: при этом уровень воды со стороны шлюзовой камеры распространяется на всю ширину нижней головы.

Оказалось, что в этом случае величина коэффициента надежности нижней головы равна $\gamma_n=3,5$, что в 2,92 раза больше нормативного значения.

Для анализа напряженно-деформированного состояния грунтового массива, слагающего основание нижней головы шлюза № 1, использована компьютерная программа «Несущая способность» [6], разработанная в ВолГАСУ, в которой для определения напряжений в точках грунтового массива реализован метод конечных элементов.

Коэффициент запаса устойчивости K_T в каждой точке грунтового массива при условии, что в ней не наступило предельное состояние, определяется выражением

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

где σ_z ; σ_x ; τ_{xz} — безразмерные (в долях γH) напряжения в рассматриваемой точке; $\sigma_{св}=C(\gamma H \operatorname{tg} \varphi)^{-1}$ — приведенное давление связности; C — коэффициент сцепления; φ — угол внутреннего трения; γ — объемный вес грунта; H — генеральный размер исследуемого грунтового массива; α — угол наклона касательной к горизонтальной оси OX в рассматриваемой точке грунтового массива, найденный из соотношений [7]

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial K_T}{\partial \alpha} &= 0; \\ \frac{\partial^2 K_T}{\partial \alpha^2} &> 0, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

которые предопределяют выполнение условия $K_T=K_{T\min}$.

Значение глобального коэффициента запаса устойчивости грунтового массива вычисляется по формуле

$$K = \frac{\int_0^l F_{\text{уд}}(s) ds}{\int_0^l F_{\text{сд}}(s) ds}, \quad (3)$$

где $F_{\text{уд}}$ и $F_{\text{сд}}$ — удерживающие и сдвигающие силы, действующие в каждой точке наиболее вероятной линии выпора грунта, численно равные соответственно числителю и знаменателю формулы (1).

Расчетная схема метода конечных элементов состоит из 28062 элементов, сопряженных в 14422 узлах, ширина матрицы жесткости равна 120.

На рис. 2 изображены изолинии трех компонент напряжения σ_x , σ_z и τ_{xz} , возникающего в основании нижней головы шлюза № 1 от действия собственного веса грунта, воды и собственно головы шлюза, из которого видно, что изолинии носят плавный характер, незначительные концентрации напряжений наблюдаются лишь под краями фундамента.

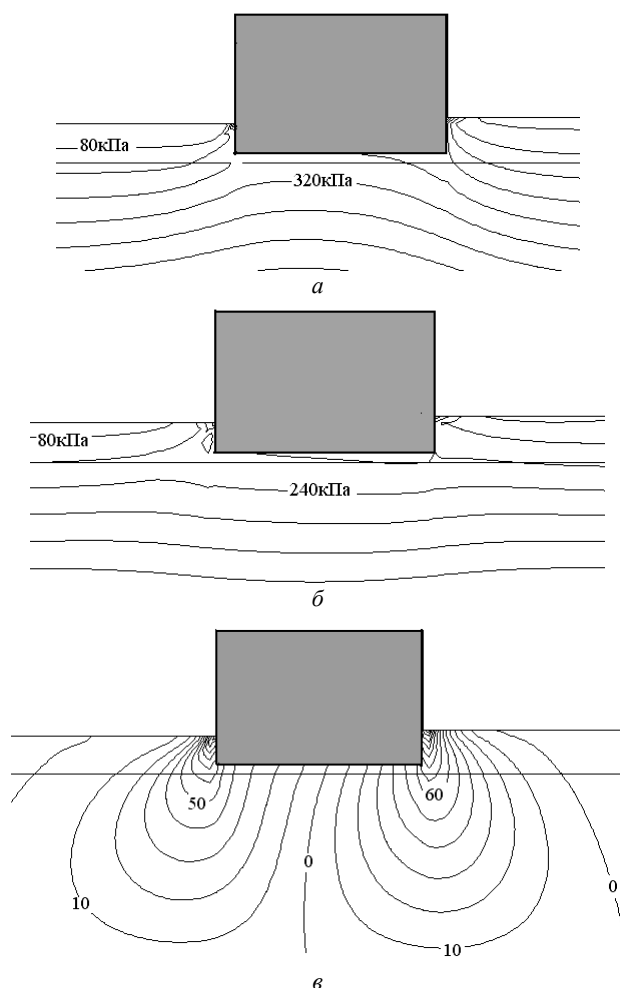


Рис. 2. Изолинии компонент напряжения σ_x (а), σ_z (б) и τ_{xz} (в) основании нижней головы шлюза № 1

На рис. 3 изображена картина изолиний коэффициента запаса устойчивости в точках грунтового массива K_T (а), величины которых вычислены по формуле (1) и изолинии вертикальных перемещений (б). Из рисунка видно, что изолиния значения $K_T=2,5$ проходит параллельно плоскости подошвы нижней головы в непосредственной близости от нее. Лишь справа имеется очень небольшая по размеру область предельного состояния грунта, ограниченная линией $K_T=1$.

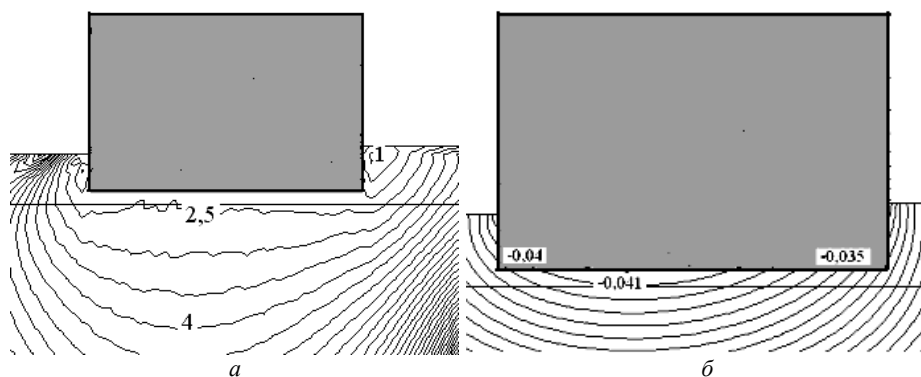


Рис. 3. Изолинии коэффициента запаса устойчивости K_T (а) и вертикальных перемещений (б) в основании нижней головы шлюза № 1

Для определения величины коэффициента запаса устойчивости основания нижней головы шлюза № 1 из разных точек, лежащих на ее подошве, при помощи компьютерной программы [6] построены линии вероятного выпора грунта и вычислены величины соответствующих коэффициентов запаса устойчивости. Затем по результатам этих расчетов построен график зависимости величины коэффициента запаса устойчивости основания от горизонтальной координаты начальной точки линии выпора.

На рис. 4 в качестве примера изображена наиболее вероятная линия выпора, построенная из точки с координатами $x = 180$ и $y = -5$. Здесь же показаны углы ориентации наиболее вероятных площадок разрушения.

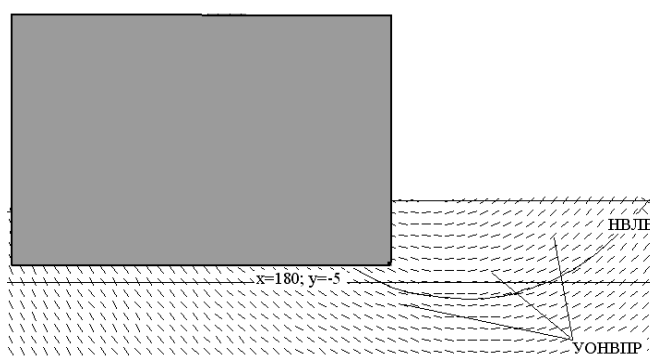


Рис. 4. Наиболее вероятная линия выпора, построенная в основании нижней головы шлюза № 1 из точки с координатами $x = 180$ и $y = -5$

На рис. 5 изображен график зависимости величины коэффициента устойчивости от величины горизонтальной координаты точки начала построе-

ния НВЛВ $K=f(x)$. Из этого рисунка видно, что наименьшее значение $K=3,4$ имеет линия выпора, исходящая практически из-под правого края подошвы нижней головы.

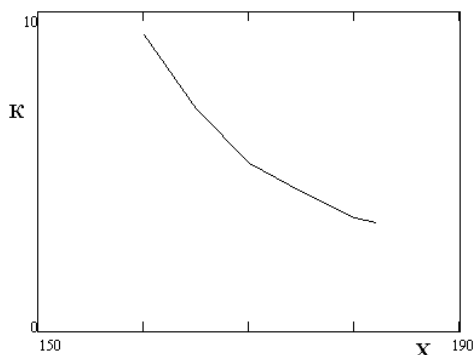


Рис. 5. График зависимости вида $K = f(x)$

Таким образом, при помощи трех различных подходов определены значения коэффициента устойчивости нижней головы шлюза № 1: расчет по СНиП 33-01—2003 дает величину расчетного значения коэффициента надежности $\gamma_n = 5,7$; анализ картин изолиний величин коэффициентов запаса устойчивости дает значение $K = 2,5$; минимальное значение величины коэффициента запаса устойчивости получено равным $K = 3,4$.

Выводы. 1. Устойчивость нижней головы шлюза № 1 Волго-Донского водного пути обеспечена, т.к. минимальное расчетное значение величины коэффициента запаса устойчивости $K=2,5$ в два с лишним раза больше соответствующего нормативного значения.

2. Зафиксированные плановые смещения нижней головы весьма незначительны и опасности не представляют. Их фактические величины практически совпали с вертикальными перемещениями, вычисленными при помощи программы. Расширение температурного шва можно объяснить разной интенсивностью осадок правой и левой сторон низовой части головы, о чем свидетельствует несколько асимметричная картина изолиний вертикальных перемещений.

3. Для предотвращения возможности возникновения аварийной ситуации и обеспечения безопасной эксплуатации и работоспособности шлюза № 1 необходимо проводить постоянный геодезический и гидрогеологический мониторинг объекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 33-01—2003 «Гидротехнические сооружения» Основные положения. М. : Госстрой России, 2004.
2. Богомолов А.Н. Расчет несущей способности оснований сооружений и устойчивости грунтовых массивов в упругопластической постановке. Пермь : ПГТУ, 1996.
3. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. М. : Мир, 1979.
4. Панов Ю.И., Кавеев Т.С., Святун Б.И. Волго-Донской соединительный канал им. В.И. Ленина. Противооползневые мероприятия по каналу 101 и 102. // Отчет об инженерно-геологических изысканиях и исследованиях. РЧ. ВФ "Гидропроекта", 1966 г., заказ 61-3-217 (1408-г).
5. Игнатенко О.Н. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям по теме № 949/06 «Исследование и расчет устойчивости оползнеопасного левого откоса канала № 101 на участке, примыкающем к шлюзу № 1 Волго-Донского водного пути в Красноармейском районе г. Волгограда». ООО «Радиян», 2006 г., заказ 3312.
6. Богомолов А.Н., Ушаков А.Н., Редин А.В. Программа «Несущая способность для ПЭВМ»// Информационный листок о научно-техническом достижении № 311-96, Волгоград : ЦНТИ, 1996.
7. Цветков В.К. Расчет устойчивости откосов и склонов. Волгоград : Нижне-Волж. кн. изд-во, 1979.

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

© Шестопал А.О., Богомолов А.Н., Качурин Я.В., Соловьев А.В.,
Нестратов М.Ю., Шиян С.И., Якименко И.В., 2008

УДК 504

Д.А. Якунин

ЭКОНОМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МАЛЫХ РЕК В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Рассмотрены влияние изменяющихся климатических условий на малые реки и инженерные мероприятия по защите малых рек от загрязнения. Кратко изложены различные подходы к расчету экономической оценки ущерба здоровью и жизни населения от ухудшения качества окружающей среды.

К л ю ч е в ы е с л о в а: малые реки, загрязнение; ущерб здоровью и жизни населения, социально-экономическая оценка; климатические условия, влияние на экологию.

Influence of changing climatic conditions on the small rivers is considered. On the basis of it is defined ekologo-economic consequences, on an example of social efficiency.

К e y w o r d s: small rivers, pollution; human health and life damage, socio-economic assessment; climatic conditions, environmental impact.

Во второй половине XX в. стали заметны изменения климата, вызванные человеческой деятельностью, и эти изменения на фоне природных колебаний усиливают их воздействие на природу и человека. Стало очевидно, что за счет антропогенного воздействия общая климатическая ситуация может измениться быстрее, чем это имело место в прошлые тысячелетия.

Изучение изменений гидрометеорологического режима, происходивших в последние 100...150 лет, имеет особую ценность, поскольку для анализа используются данные наблюдений, а не косвенные показатели, такие как радиоуглеродный анализ, дендрохронология, палинология, гляциология, лимнология, а также уран-ториевый метод.

Последнее десятилетие XX в. отличалось наиболее высокими температурами за период 140 лет наблюдений. XX век оказался самым теплым столетием за последнее тысячелетие. 2005 и 2007 гг. были объявлены, как самые теплые в истории природоведения [1].

При сохранении современной тенденции увеличения выбросов парниковых газов к концу XXI в. предполагают, что средняя температура приземного слоя воздуха повысится на 3...5°.

Изменения климата, в первую очередь, отражаются в величине и изменчивости водных ресурсов, качества воды.

На территории суши наиболее мобильной частью гидросферы являются реки, сток которых интегрально характеризует соотношение между главными составляющими водного баланса. Наиболее уязвимыми являются малые реки.

На долю малых рек приходится и весомая часть общего объема речного стока. Доля малых рек в общем объеме среднего многолетнего стока для различных субъектов РФ колеблется от 25 до 85 %.

В результате изменения климата происходят необратимые процессы на малых реках: гибель прибрежной растительности, обмеление, изменение химического состава воды, уменьшение и изменение видового состава обитателей водоемов.

Процессы самоочистки в реках протекают достаточно медленно, от 2 до 10 сут, а в малых реках вода проходит от истока к устью за 1...5 дней, что недостаточно для реализации процессов самоочистки [2].

Наличие в руслах малых рек завалов деревьев, смыв с прибрежных территорий в реку грунтов способствует ее заилению, а все это затрудняет процессы самоочищения.

Поэтому инженерные мероприятия должны активизировать процессы самоочистки, а также ликвидировать источники загрязнения русла. К этим мероприятиям относятся: расчистка русел, укрепление берегов, спрямления участков рек и т.д.

В результате проведения этих мероприятий на изучаемой территории можно дать приблизительную оценку их эколого-экономической и социальной эффективности.

Социальная эффективность — это, по сути, экономическая эффективность природоохранных затрат на предотвращение потерь чистой продукции вследствие заболеваемости, смертности, снижение выплат из фонда социального страхования, сокращение расходов общества на лечение трудящихся по причинам загрязнения окружающей среды и т.д.

Рост заболеваемости и увеличение смертности населения, особенно находящегося в трудоспособном возрасте, объективно ведут к возрастанию экономических потерь государства в целом, предприятий и организаций, снижению уровня благосостояния семей, их экономического потенциала, необходимого для полноценного воспроизводства будущих поколений. Эти потери обусловлены ростом расходов на медицинское обслуживание, увеличением компенсационных выплат, потерь из-за производственных простоев и рядом других факторов [3].

В связи со всем вышесказанным решение вопросов оценки ущерба, обусловленных заболеваемостью и смертностью населения из-за ухудшения качества окружающей среды, приобретает все большую актуальность на различных уровнях народнохозяйственного управления.

При определении ущерба от заболеваемости (смертности) населения, обусловленной снижением качества окружающей среды, обычно учитывают весь процесс его формирования по цепи: степень нарушения состояния окружающей среды — физический размер ущерба здоровью и жизни населения — экономический ущерб от повышения заболеваемости и смертности населения.

В научной литературе сформировались два научных подхода к определению экономических оценок ущерба здоровью и жизни населения, каждый из которых, в свою очередь, разделяется еще на целый ряд направлений. Заметим, что эти подходы базируются на оценках физического ущерба здоровью, выражаемого продолжительностью и тяжестью болезни, недожитыми годами жизни.

Согласно первому подходу экономическая оценка ущерба здоровью и жизни человека определяется на основе расчета стоимости болезни, которая также подразделяется на прямую и косвенную.

Согласно второму подходу стоимость времени болезни, недожитые годы определяются исходя из понятия стоимости человеческой жизни как таковой, с учетом ее дифференциации по возрасту человека.

В зависимости от того, какие статьи расходов учитываются при определении стоимости болезни или какое экономическое содержание вкладывается в понятие стоимость человеческой жизни, в рамках первого и второго подходов выделяются более конкретные направления оценки экономического ущерба здоровью и жизни.

В результате изменения климата и ухудшения состояния малых рек происходит увеличение заболеваемости населения, живущего по берегам водоема.

Увеличивается количество завалов деревьев в руслах рек и, как следствие, усиливается заболачивание и рост популяции вредных насекомых. В итоге повышается травматизм в воде и инфекционные заболевания.

С учетом показателей из справочной литературы, стоимостная оценка ущерба от заболеваемости населения, обусловленной ухудшением качества окружающей среды, определяется на основании следующего выражения:

$$Y(N, \Delta S) = \sum_j \sum_i r_{ij} \cdot N_{ij}(\Delta S) \cdot T_i, \quad (1)$$

где $Y(N, \Delta S)$ — величина ущерба, обусловленная повышенным уровнем заболеваемости; $N_{ij}(\Delta S)$ — дополнительное по сравнению с фоном количество лиц j -й категории, заболевших i -й болезнью; r_{ij} — базовый показатель ущерба здоровью в расчете на одного человека j -й категории в день (р/человеко-день); T_i — средняя продолжительность i -й болезни.

В среднем по бассейну малой реки ущерб от заболеваемости населения составляет около 1,5 млн р/год.

В рекомендациях [3] также указывается, что ущерб должен определяться в рамках однотипных по социально-экономическому развитию районах, что позволяет избежать погрешностей, обусловленных социальной дифференциацией населения.

Классическая формула для определения стоимости средней человеческой жизни с момента рождения согласно оценке дохода выглядит следующим образом:

$$Y_0 = \sum_{t=0}^{\infty} v_t \cdot l_t \cdot (W_t \cdot D_t - C_t), \quad (2)$$

где Y_0 — стоимость жизни с момента рождения; $v_t = (1+r)^{-t}$ — дисконтирующий множитель; l_t — вероятность дожития до возраста t ; W_t — усредненный годовой доход человека в возрасте от t до $t+1$ год; D_t — доля населения в возрасте от t до $t+1$ год, имеющего доход W_t в общей численности населения этого возраста; C_t — средние потребительские расходы человека в возрасте t лет.

Заметим, что согласно этому методу экономическая ценность жизни человека, находящегося в возрасте α , должна определяться по формуле, учитывающей накопление дохода только в последующий период его жизни:

$$Y_{\alpha} = \sum_{t=\alpha}^{\infty} v_t \cdot l_t \cdot (W_t \cdot D_t - C_t). \quad (3)$$

По статистическим данным предотвращенный ущерб от смерти одного человека приблизительно равен 3 млн р., а при условии, что в бассейне малой реки гибнет от несчастных случаев до 3-х человек в год, то денежный эквивалент предотвращенных смертей равен 9 млн р/год.

Вместе с расчисткой малых рек решается вопрос о социальной эффективности, в том числе предотвращения заболеваемости и смертности населения.

Социальная эффективность, полученная при расчистке малой реки, составляет приблизительно 11 млн р.

Всестороннее изучение многолетних глобальных изменений климата и климатических явлений на поверхности Земли создает предпосылки для оценки условий жизнедеятельности населения в дальней перспективе, снижения потенциальных социальных, экономических и экологических ущербов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гор А. Неудобная правда. Глобальное потепление. Как остановить планетарную катастрофу. СПб. : Амфора, 2007. С. 62—64.
2. Сметатин В.И. Восстановление и очистка водных объектов. М. : КолосС, 2003.
3. Чепурных Н.В., Новоселов А.Л., Дунаевский Л.В. Экономика природопользования (эффективность, ущербы, риски). М. : Наука, 1998.

© Якунин Д.А., 2008

Поступила в редакцию
в ноябре 2008 г.

УДК 627.8+621.224.8

Д.В. Кашарин, П.А. Годин, С.И. Шиян

**ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ РАБОТЫ МОБИЛЬНЫХ
ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И СОЗДАНИЕ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА
ИХ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ**

Приведено описание методики определения оптимальных параметров конструкции мобильных гидроэлектростанций, а также алгоритм для выбора схемы их установки в зависимости от гидравлических параметров водотока.

К л ю ч е в ы е с л о в а: электростанции мобильные; водоток.

The paper features a procedure of definition of optimum parameters construction of mobile hydro-power stations, and also the algorithm for a choice of the scheme of their installation depending on hydraulic parameters of a waterway is resulted.

К e y w o r d s: mobile hydro-power stations; waterway.

В настоящее время для сельских и дачных поселков, фермерских хозяйств; геологоразведочных партий; небольших производств в отдаленных районах, где прокладка электросетей экономически нецелесообразна и сопряжена с большими потерями электроэнергии, рационально использовать микро и малые ГЭС [1].

Для малых водотоков нами разработаны конструкции мобильных гидроэнергетических сооружений на основе облегченной плотины из полимерных материалов и переносного гидроагрегата с поперечно-струйной турбиной, которые создают подпор от 1 до 4 м, перекрывают пролет до 50 м и могут обеспечить производимую мощность до 160 кВт [2, 3]. Установка данных конструкций позволит создать временный водохозяйственный узел с решением локального энергообеспечения, орошения, водоснабжения, рыборазведения, обеспечит локализацию распространения лесных пожаров. К их достоинствам относятся мобильность, транспортабельность в сложенном виде, возможность многократного использования.

Для исследований были выбраны три конструкции мобильных гидроэнергетических сооружений [2, 3]. Первая была запроектирована из условий наименьших трудозатрат при ее установке (рис. 1). Однако условия подхода водного потока в данной конструкции не обеспечивают его оптимального сжатия при поступлении на гидроагрегат, что снижает эффективность утилизации энергии [4]. В связи с этим предложена конструкция с водоподпорной оболочкой, выполняющей роль конфузора, очертания которого повторяют свободную поверхность струи, вытекающей из-под тонкой стенки [5]. Форму данной оболочке придают с помощью гибких вант и ребер жесткости, укрепленных в верхнем бьефе [2]. Однако в этом случае прочностные свойства мембраны используются не полностью, ее толщина должна быть увеличена для исключения перегибов оболочки между местами крепления гибких вант, придающих ей форму. Это ведет к значительному удорожанию стоимости конструкции, увеличивает ее массу и время установки. Для уменьшения затрат в третьей конструкции основную гидродинамическую нагрузку воспри-

нимает мембрана, а скоростную структуру потока изменяет дополнительный гибкий конфузур, прикрепленный со стороны верхнего бьефа.

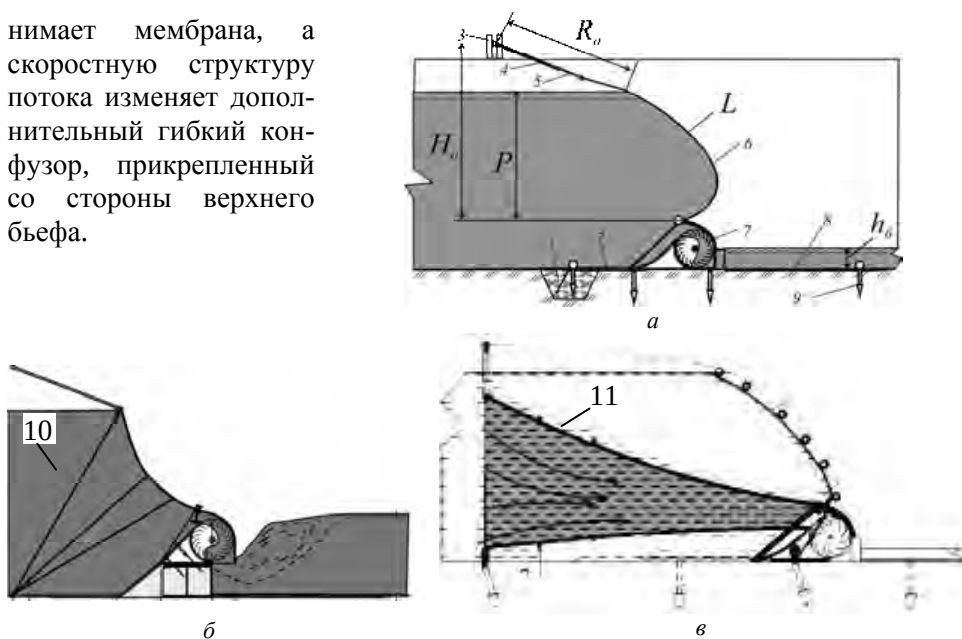


Рис. 1. Конструкции мобильных гидроэнергетических сооружений: *а* — конструкция микроГЭС на основе мембранной плотины; *б* — конструкция микроГЭС с измененной формой водоподпорной оболочки; *в* — конструкция микроГЭС с конфузуром; 1 — гибкий зуб; 2 — гибкий понур; 3 — береговые анкерные опоры; 4 — ванта-подбор; 5 — ванты-оттяжки; 6 — водоподпорная оболочка; 7 — гидроагрегат; 8 — гибкая рисберма; 9 — русловый анкер; 10 — ванты придающие форму оболочке; 11 — конфузур

В качестве гидроагрегата использовалась поперечно-струйная турбина Банки, которая может использоваться при напорах от 1,0 до 200,0 м и расходах от 0,025...3,2 м³/с (вырабатываемая мощность от 0,5 до 250 кВт), а ее усовершенствованные модификации имеют высокий КПД (до 80,6 %) в широком диапазоне изменении мощности. Данная турбина проста в изготовлении и эксплуатации [6].

Для обоснования параметров конструкций при внедрении в производство и создании имитационных моделей нами были проведены теоретические и экспериментальные исследования, которые выполнялись в соответствии с требованиями геометрического и динамического подобия в условиях преобладающего действия сил тяжести $(F_r)_м = (F_r)_н = \text{idem}$, а также по числу Струхала, учитывающего зависимость скорости, числа оборотов и линейного размера модели.

Значения чисел Рейнольдса изменялись в диапазоне от 16000 до 120000 при подходе к направляющему аппарату и от 100000 до 300000 в его проточной части, что позволяет не учитывать влияние сил трения при моделировании. Материал для оболочек был ортотропным и характеризовался показателями анизотропии $C = E_o/E_y$, где E_o и E_y — соответственно модули упругости основы и утка.

Исследования проводились в гидравлическом лотке лаборатории гидротехнических сооружений ФГОУ ВПО НГМА с шириной 1,5 м, высотой 1,2 м и длиной 10 м (рис. 2).

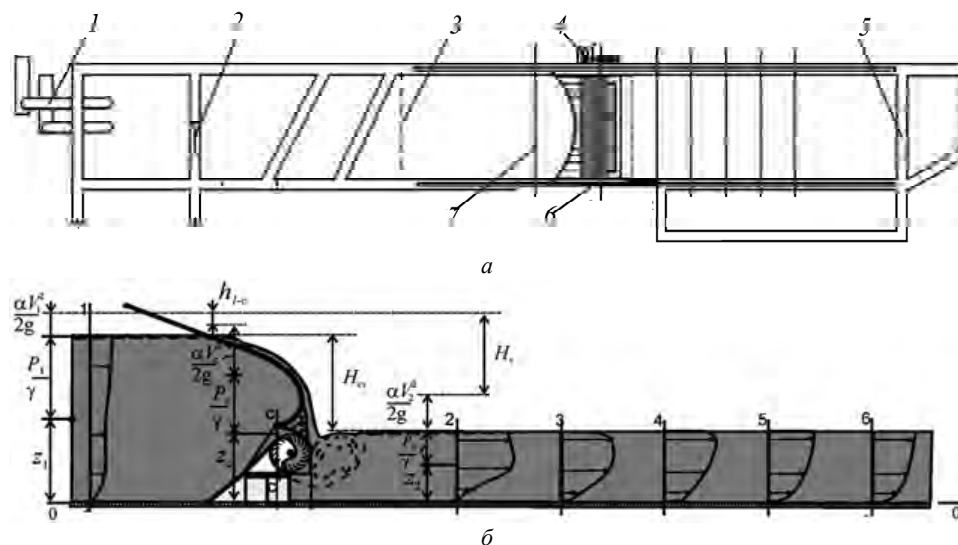


Рис. 2. Схема экспериментальной установки: 1 — подводящий трубопровод; 2 — водослив Чиполетти; 3 — гаситель; 4 — генератор; 5 — жалюзи для регулирования уровня нижнего бьефа; 6 — оргстекло; 7 — створы для измерения скоростей и уровней воды: а — план лабораторной установки; б — расчетная схема

Первые две конструкции были установлены с турбиной Банки шириной $B = 1,4$ м, диаметром $D = 0,2$ м. Периметр водоподпорной оболочки $L = 0,8$ м. В ходе опытов для каждой конструкции определялись уровни воды, скоростная структура потока в верхнем и нижнем бьефах, потери напора h_{l-c} при подходе к турбине (рис. 3, а), а также частота ее вращения, являющаяся показателем эффективности работы конструкции. Расход изменялся в диапазоне от $0,050$ до $0,200$ м³/с с шагом $0,010$ м³/с, уровни воды в нижнем бьефе регулировались при помощи жалюзи. Скорости измерялись в створах, указанных на рис. 2.

На основании этих данных мы построили 3 варианта конфузора различной конфигурации.

Далее нами была поставлена задача выявления оптимального очертания конфузора методами математического моделирования.

Для определения параметров конфузора в соответствии с размерами гидравлического лотка нами было произведено моделирование потенциального течения при помощи программы COMSOL Multiphysics (рис. 3, а). Затем по линиям тока были построены три варианта очертания конфузора. Скоростная структура в них была определена с помощью программного обеспечения COSMOS Flo Xpress, являющейся приложением Solid Works. Оптимальные очертания конфузора приведены на рис. 3, б, где линиями указываются токи, проходящие через конструкцию, и по их цвету можно оценить величину скорости потока.

Оптимальная форма конфузора была выявлена по наиболее равномерному распределению векторов скоростей при подходе к гидроагрегату, что обуславливает наименьшие потери энергии потока, а значит наиболее полную утилизацию энергии.

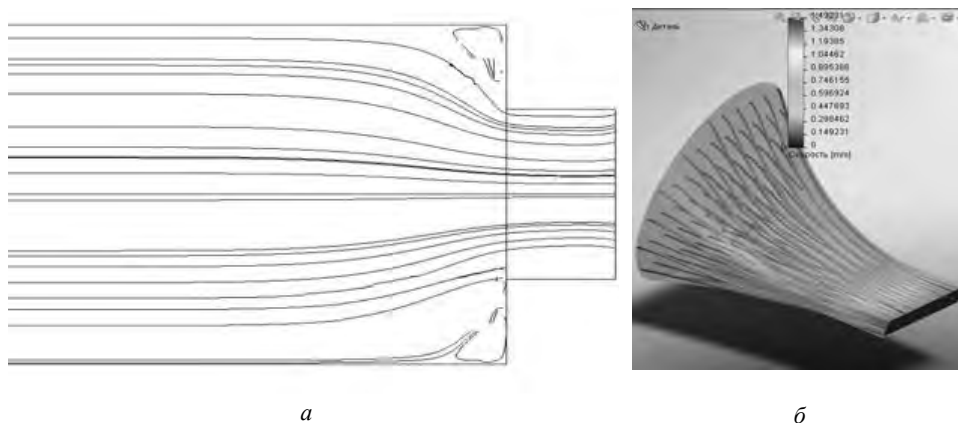


Рис. 3. Определение параметров конфузора: *а* — моделирование потенциального течения потока в соответствии с планом лабораторной установки (использовалась программа COMSOL Multiphysics) (показаны линии тока); *б* — оптимальная форма конфузора с указанием линий тока и распределения скоростей, определенная с помощью программного обеспечения COSMOS Flo Xpress

Из рис. 3, *б* можно определить, что максимальные скорости в конфузоре, а соответственно и концентрация максимальных усилий возникает на расстоянии 0,37 м от выходного сечения, поэтому эта часть должна быть изготовлена из материала, работающего на изгиб, что позволяет также установить водонаправляющее устройство и регулятор.

Для проверки результатов математического моделирования был проведен физический эксперимент в гидравлическом лотке (см. рис. 2, *а*).

При исследовании третьей конструкции была установлена турбина с меньшей шириной турбины $B = 0,7$ м и периметром оболочки $L = 0,65$ м. Проводились две серии опытов при отсутствии и наличии гибкого конфузора. Измерения проводились в диапазоне расходов от 0,001 до 0,075 м³/с с шагом 0,005 м³/с.

Результаты измерения скоростной структуры потока в конфузоре показали, что отклонение векторов и величин местных скоростей отличаются от полученных в ходе математического моделирования менее чем на 20 %. Это обусловлено также тем, что стенки конфузора незначительно деформировались под действием потока, поэтому в дальнейшем с помощью программы APM WinMachine, использующей метод конечных элементов, можно определить отклонения от первоначальной формы в зависимости от параметров потока и характеристик его материала, что позволит разработать рекомендации по изготовлению конфузора.

Сравнительные результаты исследований трех конструкций микроГЭС приведены на рис. 4.

В результате обработки опытных данных получена следующая эмпирическая зависимость частоты оборотов турбины от корня квадратного отношения рабочего напора турбины к ее ширине:

$$n = A \sqrt{\frac{H_{\text{т}}}{B}},$$

где A — эмпирический коэффициент, для первой конструкции $A = 400,82$, второй — $445,91$, третьей — без конфузора — $385,14$, с конфузором — $399,08$, при достоверности аппроксимации не менее $R^2 = 0,82$.

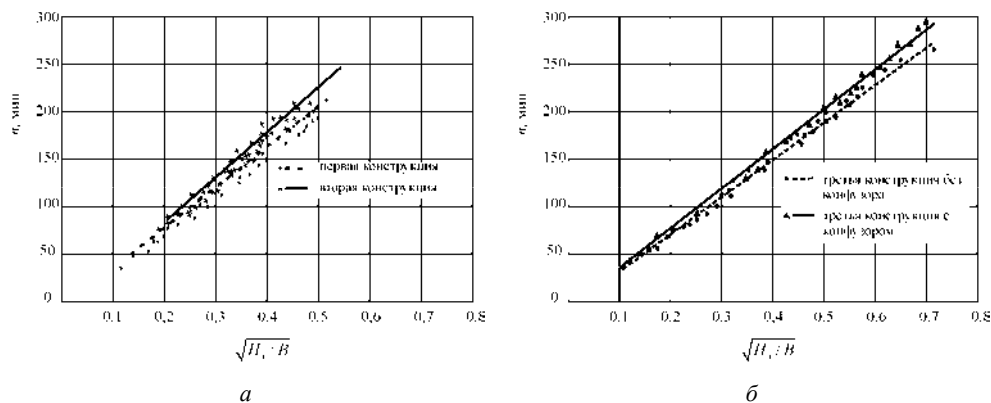


Рис. 4. Зависимости частоты вращения турбины от корня квадратного отношения рабочего напора к ее ширине для различных конструкций: а — для первой и второй серий опытов; б — для третьей серии опытов с конфузором и без него

Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод о более эффективной утилизации энергии потока второй и третьей конструкции мобильного гидроэнергетического сооружения.

Основным ограничением данной конструкции служит скорость водотока $V \leq 1$ м/с. При скоростях $V \geq 1$ м/с, на наш взгляд, рационально воспользоваться схемой гирляндной ГЭС, также возводимой в кратчайшие сроки (рис. 5).

Далее приводится алгоритм выбора схемы мобильных гидроэлектростанций и расчета ее основных параметров (рис. 6) [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Каширин Д.В.* Мобильные гидроэнергетические сооружения из композитных материалов // Мелиорация и водное хозяйство. 2007. № 4.
2. *Каширин Д.В.* Гидроэнергетическое сооружение многоразового использования (варианты). Патент РФ № 2327836; опубл. 27.06.2008. Бюл. № 18.
3. *Годин П.А.* Технические решения мобильных регулирующих гидроэнергетических сооружений // Энергосберегающие технологии в АПК : сб. ст. Всероссийской науч.-практ. конф. Пенза : РИО ПГСХА, 2006.
4. *Каширин Д.В.* Микро и малые гидроэлектростанции для водного хозяйства и чрезвычайных ситуаций // Ресурсосберегающие, экологически безопасные технологии мелиорации, рекультивации и охраны земель : матер. Междунар. науч.-практ. конф. Новочеркасск : НПО «Темп», 2004.
5. *Слисский С.М.* Гидравлика зданий гидроэлектростанций. М. : Энергия, 1970.

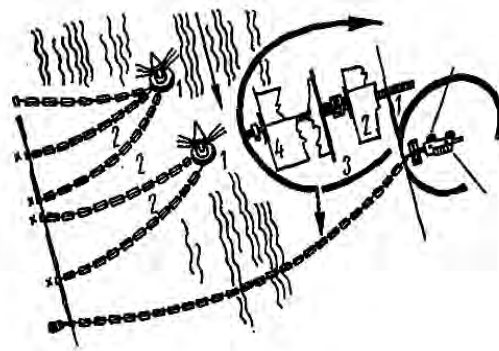


Рис. 5. Гирляндная ГЭС: 1 — шарнир; 2 — гирляндная турбина; 3 — диск

6. Использование водной энергии / под ред. Ю.С. Васильева. М. : Энергоатомиздат, 1995.

7. Годин П.А. Исследования мобильных регулирующих гидроэнергетических сооружений

// Проблемы мелиорации и водного хозяйства: матер. науч.-практ. конф. Новочеркасск : Оникс+, 2007.

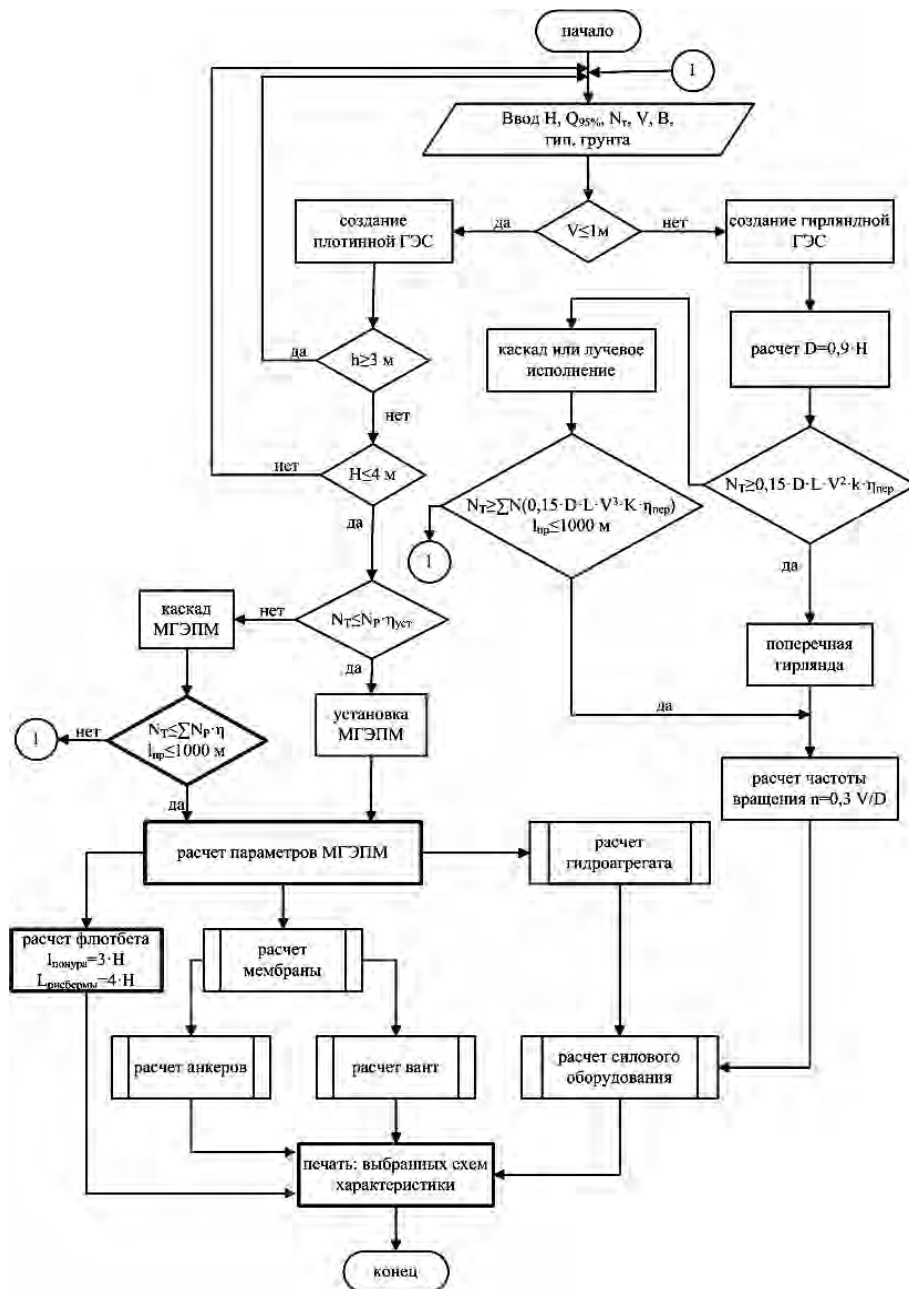


Рис. 6. Алгоритм расчета МГЭ

© Кашарин Д.В., годин П.А., Шиян С.И., 2009

Поступила в редакцию
в декабре 2009 г.

УДК 626.8.624.071

Т.П. Кашарина, А.М. Кореновский, С.И. Шиян

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ МЕМБРАННО-ВАНТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Изложены комплексы мероприятий повышения надежности и безопасности облегченных мембранно-вантовых плотин. Выявлены причины отказов как антропогенного, так и природного происхождения, указаны мероприятия, гарантирующие сведение отказов в системе до минимума. Разработано дерево надежности облегченных мембранно-вантовых плотин. Приведены таблицы для оценки технического состояния. Научно обосновано применение вероятностных расчетов в оценке надежности, получены зависимости, характеризующие эту вероятность.

К л ю ч е в ы е с л о в а: мембранно-вантовые конструкции; композитные материалы; плотины.

In paper complexes of provisions of a raise of reliability and the safety, facilitated membranno-vantovyh dikes are developed. Causes of failures both anthropogenic, and a natural origin, the provisions securing an information of failures in system to a minimum are revealed. The tree of reliability facilitated membranno-vantovyh dikes is developed. Tables for an estimation of an engineering condition are reduced. Application of likelihood calculations in a reliability estimation membranno-vantovyh dikes is scientifically justified. The associations characterising this probability are gained.

Key word s: membrane-cable structures; composite materials; membrane-cable dams.

Будущее развитие науки обуславливает все более возрастающие изменения техники, выступающие в качестве решающего фактора ее прогресса, который связан с созданием сложных элементов конструкций, устройств, сооружений, а также новых материалов и технологий, в том числе наноматериалов и нанотехнологий, обеспечивающих надежность и безопасность.

В [1] отмечено, что повышение безопасности гидротехнических сооружений, которые являются сложной системой, требует знаний влияния отдельных факторов, обеспечивающих общую надежность их работы. На основании анализа теоретических работ [2, 3, 4] в данной статье разработаны комплексы мероприятий по повышению надежности и безопасности мембранно-вантовых конструкций.

На основе анализа надежности и оценки технического состояния данного гидротехнического сооружения его разбивают на основные элементы, под которыми понимаются элементы системы, характеризующиеся начальными, переходными и конечными параметрами состояния, подразделяющимися на три вида: влияющие на работоспособность лишь самого элемента, но не сооружения в целом; гидротехнического сооружения в целом; других его элементов, в то же время может иметь элементы, техническое состояние которых практически не влияет на общую работоспособность объекта, а некоторые из них могут иметь отказы, приводящие к его разрушению. Естественно, при оценке технического состояния и анализе надежности необходимо учитывать работоспособность этих элементов. Очевидно, что для получения объективных оценок надежности мембранно-вантовых конструкций необходимо провести связь между их безаварийной работой и вероятностными характеристиками возмущающих параметров, которым свойственны случайные погрешности [6].

На основании принципов надежности и безопасности работы мембранно-вантовых плотин типа ПММ-Д изложенных в [4, 5, 6], предложена схема разбиения этой конструкции на основные элементы с указанием причин отказов и мероприятий по их устранению (рис. 1).

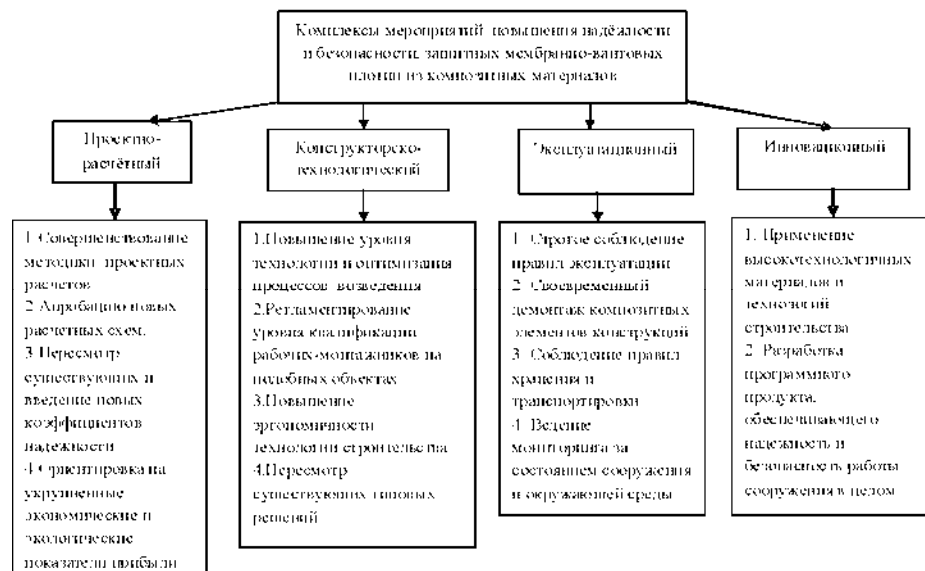


Рис. 1. Мероприятия по повышению надёжности и безопасности

Для перехода от сезонной к постоянной эксплуатации данного класса сооружений необходимо, помимо мероприятий по повышению надежности, предусмотреть так же мероприятия по мониторингу, для решения следующих задач, поставленных и частично рассмотренных в [1], а именно:

напряженно-деформированное состояние элементов и узлов системы под действием статической и динамической нагрузки;

вибрация, связанная с увеличением кинетической энергии потока;

изучение процессов, происходящих в основании сооружения.

Одновременно с этими задачами необходимо также решить задачу оптимизации, связанную с подбором оптимальных параметров ее конструкции и материала для всех элементов сооружения, что обеспечит безотказную работу сооружения в течение продолжительного времени. Для решения поставленных задач в гидротехнической лаборатории кафедры ГТС НГМА были проведены исследования, показывающие изменение надежности мембранно-вантовой конструкции из композитного материала, вызванное различными повреждениями, которые разделяются на две группы, в зависимости от различного вида воздействий.

Ниже приведена диаграмма отношения суммарной вероятности от вероятности отказа рисбермы, при разбиении конструкции на 5 элементов с равной вероятностью отказа, т.е. соблюдается условие $P_1=P_2=P_3=P_4=P_5$, где P_1 — вероятность отказа понура; P_2 — вероятность отказа рисбермы; P_3 — вероятность отказа мембраны; P_4 — вероятность отказа узла крепления мембраны к понуру; P_5 — вероятность отказа вантовой системы.

На рис. 3 кривые практически полностью накладываются друг на друга, что объясняется высокой достоверностью аппроксимации. Ось Y являет собой веро-

ятность выхода из строя всего сооружения $P_{\text{сумм}}$, а ось X — частную вероятность отказа рисбермы. Эмпирическая зависимость, подчиненная экспоненциальному закону распределения с аппроксимирующим значением $R^2 = 0,9979$ имеет вид

$$P_{\text{сумм}} = 0,0027e^{5,9549X} \quad (1)$$

или в формализованном виде

$$P_{\text{сумм}} = Ae^{BX}, \quad (2)$$

где A, B — эмпирические коэффициенты.

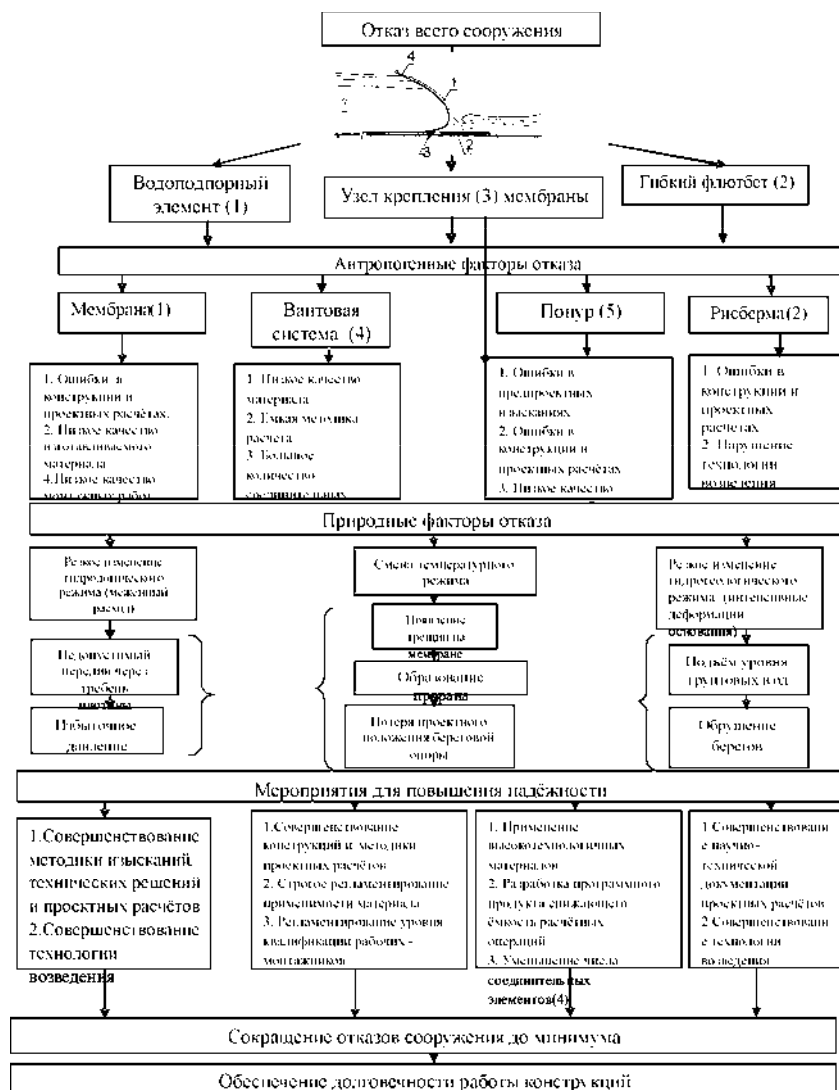


Рис. 2. Дерево надежности облегченных мембранно-вантовых плотин

Базируясь на [7], выводим формулу для оценки общей поврежденности мембранно-вантовой плотины из композитного материала:

$$\varepsilon = \frac{\alpha_1 \varepsilon_1 + \alpha_2 \varepsilon_2 + \alpha_3 \varepsilon_3 + \dots + \alpha_i \varepsilon_i}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i}, \quad (3)$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_i$ — максимальная величина повреждения отдельных элементов конструкции; $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$ — коэффициенты значимости отдельных элементов конструкции по табл. 1.

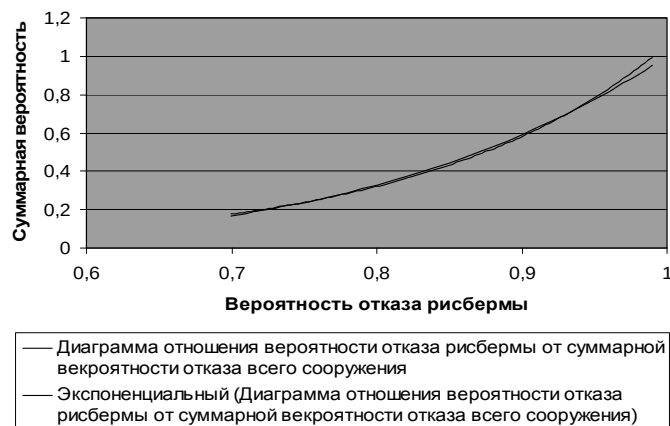


Рис. 3. Диаграмма отношения вероятности отказа рисбермы от суммарной вероятности отказа всего сооружения

Т а б л и ц а 1
Значения коэффициента α для отдельных элементов мембранно-вантовой плотины

Наименование элемента плотины	Величины коэффициента α элементов
Понур	8
Мембрана	6
Узел крепления мембраны к понуру	4
Вантовая система	7
Рисберма	5

При оценке величин повреждения учитывают их максимальную величину, так как авария обычно происходит из-за наличия критического дефекта в отдельном элементе конструкции.

Коэффициенты значимости конструкций в (3) устанавливаются на основании экспертных оценок и накопленного инженерного опыта, учитывающих

социально экономические последствия разрушения сооружения, характера разрушения. По данным наблюдений за работой конструкции в лабораторных условиях можно допустить следующие коэффициенты α (см. табл. 1).

Относительная оценка поврежденности мембранно-вантовой плотины производится по формуле [7]:

$$y = 1 - \varepsilon, \quad (4)$$

Величину повреждения мембранно-вантовой конструкции через t лет ее определяем по формуле

$$\varepsilon = 1 - e^{-\lambda t}, \quad (5)$$

где $\lambda = \frac{-\ln y}{t\varphi}$ — постоянная износа, определяемая по данным обследования;

y — относительная надежность, определяемая по категории технического состояния (таблица 2); $t\varphi$ — срок эксплуатации в годах на момент обследования.

Срок эксплуатации мембранно-вантовой плотины до капитального ремонта определяется по формуле

$$t = \frac{0,16}{\lambda}, \quad (6)$$

где λ — постоянная износа.

Срок эксплуатации до аварийного состояния:

$$t_0 = \frac{0,22}{\lambda}. \quad (7)$$

Относительная надежность конструкции при эксплуатации:

$$y = \frac{\gamma}{\gamma_0}, \quad (8)$$

где γ — фактический коэффициент надежности мембранно-вантовой плотины с учетом имеющихся повреждений; γ_0 — общий коэффициент надежности (или запаса). Общий коэффициент надежности определяется по формуле:

$$\gamma_0 = \gamma_m \gamma_c \gamma_f \gamma_n, \quad (9)$$

где γ_m — коэффициент надежности по материалу; γ_c — коэффициент условий работы; γ_f — коэффициент надёжности по нагрузке; γ_n — коэффициент надежности по назначению.

Несомненно, общий коэффициент надежности, вычисленный по формуле (9), будет являться определяющим на протяжении всего последующего расчета. Далее, на рис. 4, приведен алгоритм расчета надежности мембранно-вантовой плотины из композитного материала. Значения y и ε , а также приближенная стоимость C ремонта первоначального состояния сооружения, % по отношению к первоначальной стоимости, для различных категорий технического состояния приведены в табл. 2.

Из диаграммы (рис. 5) устанавливаем предварительные зависимости:

формула вероятности отказа вантовой системы с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,9951$:

$$Y = -0,0006 x^4 + 0,0125 x^3 - 0,0929 x^2 + 0,0284 x + 0,4178; \quad (10)$$

вероятности отказа рисбермы с $R^2 = 0,9817$:

$$Y = -0,0007 x^4 + 0,0136 x^3 - 0,089 x^2 + 0,024 x + 0,5394; \quad (11)$$

вероятности отказа понура с $R^2 = 0,9113$:

$$Y = -0,0004 x^4 + 0,0116 x^3 - 0,1163 x^2 + 0,4617 x + 0,1561; \quad (12)$$

вероятности отказа узла крепления с $R^2 = 0,9887$:

$$Y = -0,0005 x^4 + 0,0122 x^3 - 0,1007 x^2 + 0,3433 x + 0,3506; \quad (13)$$

вероятности отказа мембраны с $R^2 = 0,9553$:

$$Y = -0,0004 x^4 + 0,0119 x^3 - 0,1085 x^2 + 0,4025 x + 0,2533; \quad (14)$$

суммарной вероятности отказа мембранно-вантовой плотины с $R^2 = 0,9943$:

$$Y = -0,0003 x^4 + 0,0099 x^3 - 0,0905 x^2 + 0,3328 x + 0,1719. \quad (15)$$

Итак, подчиняясь полиномиальному закону распределения, общая формула для вычисления вероятности будет иметь вид

$$P = -Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + K, \quad (16)$$

где A, B, C, K — эмпирические коэффициенты имеющие значения:

$$A = 0,0003 \dots 0,0007; B = 0,0099 \dots 0,0136; C = 0,089 \dots 0,1085; K = 0,15 \dots 0,54.$$

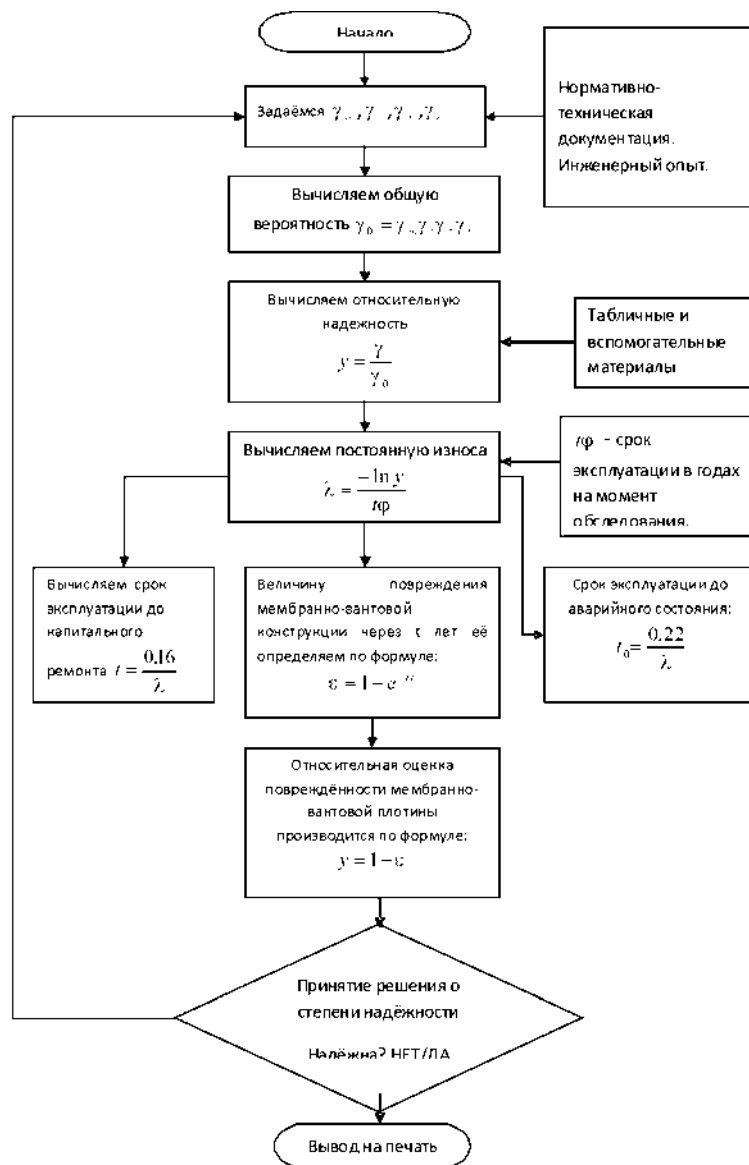


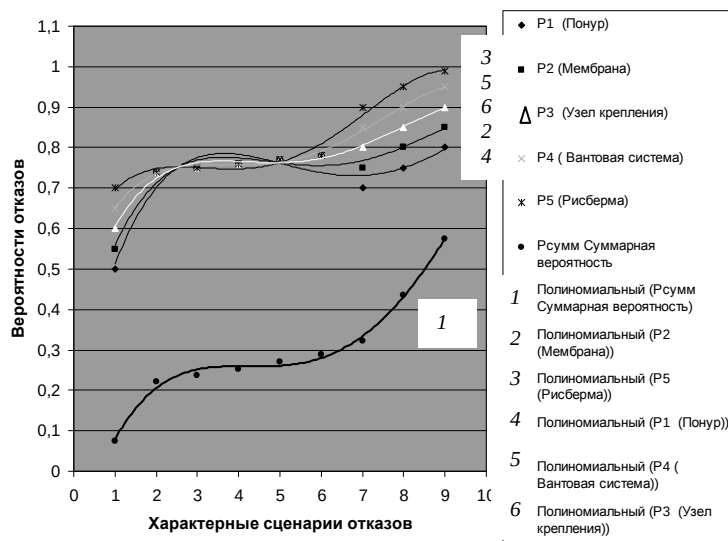
Рис. 4. Алгоритм расчета надежности мембранно-вантовой плотины из композитного материала

Выводы. Благодаря принципиально новому подходу представляется возможным значительно увеличить надежность мембранно-вантовых конструкций из композитных материалов, тем самым повысить безопасность их работы. Разработаны мероприятия по повышению безопасности и надежности, а также оптимальные параметры для конкретных условий эксплуатации.

Т а б л и ц а 2

Определение технического состояния

Категория технического состояния	Описание технического состояния	Относительная надежность $y = \frac{\gamma}{\gamma_0}$	Поврежденность $y = 1 - \varepsilon$	Стоимость ремонта С, %
1	Нормальное исправное состояние. Отсутствуют видимые повреждения. Выполняются все требования действующих норм и проектной документации. Необходимости в ремонтных работах нет	1	0	0
2	Удовлетворительное работоспособное состояние. Обеспечиваются нормальные условия эксплуатации. Требуется мелкий ремонт	0,95	0,05	0...11
3	Не совсем удовлетворительное, ограниченно работоспособное состояние. Для продолжения нормальной эксплуатации требуется ремонт по устранению поврежденных конструкций	0,85	0,15	12...36
4	Неудовлетворительное, (неработоспособное) состояние. Существующие повреждения свидетельствуют о непригодности к эксплуатации. Требуется капремонт	0,75	0,25	37...90
5	Аварийное состояние. Требуется немедленный демонтаж плотины. Ремонт в основном проводится с заменой аварийных узлов	0,65	0,35	90...100

Рис. 5. Распределение вероятностей P отказов, для каждого элемента сооружения и суммарная вероятность отказа всего сооружения

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Каширина Т.П.* Мягкие сооружения на малых реках и каналах. М. : Мелиорация и водное хозяйство, 1997. 56 с.: ил.
2. *Каширина Т.П., Каширин Д.В., Кореновский А.М.* Обеспечение надёжности и безопасности работы водохозяйственных объектов // Экология и безопасность жизнедеятельности : сб. материалов 4-й Междунар. науч.-практ. конфер. Пенза : РИО ПГСХА, 2004.
3. *Каширина Т.П.* Принципы надёжности и безопасности строительных конструкций // Информационные технологии в обследовании зданий и сооружений : материалы VI Междунар.

науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 9 июня 2006 г. : в 2 ч. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). Новочеркасск : ЮРГТУ, 2006. Ч. 1. 75 с.

4. *Кореновский А.М.* Анализ надёжности сопряжения защитного ГТС из композитного материала с основанием сооружения // Проблемы мелиорации и водного хозяйства : материалы науч.-практ. конф. студ. и молодых ученых. Вып. 5 / Новочерк. гос. мелиор. акад. Новочеркасск, 2006. 232 с.

5. *Кашарина Т.П., Кашарин Д.В., Кореновский А.М.* Надёжность и безопасность функционирования облегченных гидротехнических сооружений // Информационные технологии в обследовании зданий и сооружений : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 9 июня 2006 г. : в 2 ч. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). Новочеркасск : ЮРГТУ, 2006. Ч. 1. 75 с.

6. *Кашарина Т.П., Кашарин Д.В., Кореновский А.М.* Обоснования эксплуатационной надёжности облегченных гидротехнических сооружений // Научные технологии в мелиорации (Костяковские чтения) : материалы Междунар. конфер., 30 марта 2005 г. М. : Изд. ВНИИА, 2005. 552 с.

7. Рекомендации по оценке надёжности строительных конструкций, зданий и сооружений по внешним признакам / ЦНИИПромзданий. М., 2001.

Поступила в редакцию в декабре 2009 г. © Кашарина Т.П., Кореновский А.М., Шиян С.И., 2009

НАШИ АВТОРЫ

Акчурин Анатолий Кадимович

Алексиков Сергей Сергеевич
Алексиков Сергей Васильевич

Арискин Максим Васильевич

Артамонов Антон Анатольевич

Багрянцева
Анастасия Александровна
Богомолов Александр Николаевич

Богомолова Оксана Александровна

Бондарев Александр Борисович
Боровик Виталий Сергеевич

Вдовин Вячеслав Михайлович

Волченко Светлана Викторовна
Вольнсков Владимир Эдуардович

Ганжа Ольга Александровна

Годин Павел Александрович

Горячева Ольга Владимировна
Графкина Марина Владимировна

Губанов Илья Дмитриевич

Губанова Людмила Николаевна

Гузев Виталий Валерьевич

Гусельников
Дмитрий Александрович
Девятков Виктор Михайлович

Денисова Светлана Петровна

Долганов Алексей Петрович
Евтушенко Сергей Иванович

Жиделёв Андрей Викторович

канд. техн. наук, проф., зав. кафедрой строительных материалов и специальных технологий ВолгГАСУ
студент АДМ-1-07 ВолгГАСУ
канд. техн. наук, доцент кафедры изысканий и проектирования транспортных сооружений ВолгГАСУ
аспирант кафедры строительных конструкций Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, т. (8412)929501
аспирант кафедры экономики и управления проектами в строительстве ВолгГАСУ
студент группы ДАС-1-03 ВолгГАСУ

д-р техн. наук, проф., академический советник РААСН, академик РАЕ, член РОММГиФ, ISSMGE, IGS, зав. кафедрой гидротехнических и земляных сооружений, проректор по научной работе ВолгГАСУ
канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной математики и вычислительной техники ВолгГАСУ
студент Липецкого государственного технического университета
д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой экономики и управления дорожным хозяйством ВолгГАСУ
канд. техн. наук, проф. кафедры строительных конструкций Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, т. (8412)929501
ассистент кафедры организации и безопасности движения ВолгГАСУ
магистр, соискатель МАРХИ, ведущий архитектор ОАО «Моспроект», voldemarvol@mail.ru
соискатель кафедры экологического строительства и городского хозяйства ВолгГАСУ
аспирант кафедры гидротехнических сооружений Новочеркасской государственной мелиоративной академии, т. 8(86252)55416
студентка ГСХ-2-04 ВолгГАСУ

канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой экологии и безопасности жизнедеятельности Московского государственного технического университета (МАМИ), науч. спец. «Геоэкология — 25.00.36 (строительство), esomami@mail.ru
аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере ВолгГАСУ
соискатель кафедры технологий обработки и производства материалов Волжского института строительства и технологий (филиала) ВолгГАСУ
аспирант кафедры технологий обработки и производства материалов Волжского института строительства и технологий (филиала) ВолгГАСУ, vistex@e-telecom.ru
аспирант кафедры технологий обработки и производства материалов Волжского института строительства и технологий (филиала) ВолгГАСУ, vistex@e-telecom.ru
аспирант кафедры изысканий и проектирования транспортных сооружений ВолгГАСУ
ассистент кафедры технологий обработки и производства материалов Волжского института строительства и технологий (филиала) ВолгГАСУ
аспирант кафедры инженерной геологии и геоэкологии ВолгГАСУ
канд. техн. наук, проф., зав. кафедрой сопротивления материалов, строительной и прикладной механики Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института), evtushenko_s@novoch.ru
канд. техн. наук, доц., ст. науч. сотрудник Управления научных исследований и разработок, доц. кафедры прикладной математики и вычислительной техники ВолгГАСУ

Замыцкий Олег Николаевич	аспирант кафедры управления инновациями Курского государственного технического университета, т. 52-38-27
Злобин Владимир Николаевич	канд. техн. наук, доц. кафедры энергоснабжения и теплотехники ВолгГАСУ
Иванникова Елена Михайловна	ст. преподаватель кафедры городского строительства и хозяйства Волжского института строительства и технологий (филиала) ВолгГАСУ, vistex@e-telecom.ru
Кабанов Виктор Алексеевич	PhD, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой управления инновациями Курского государственного технического университета, т. 52-38-27
Качурин Яков Владимирович	аспирант гидротехнических и земляных сооружений ВолгГАСУ
Кашарин Денис Владимирович	канд. техн. наук, доц., проф. кафедры гидротехнических сооружений Новочеркасской государственной мелиоративной академии, т. 8(86252)55416
Кашарина Татьяна Петровна	д-р техн. наук, проф. кафедры «САПР объектов строительства и фундаментостроение» Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института), т. 8(86252)55416
Клавдиева Татьяна Николаевна	ассистент кафедры технологий обработки и производства материалов Волжского института строительства и технологий (филиала) ВолгГАСУ
Клочков Юрий Васильевич	д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой высшей математики Волгоградской государственной сельскохозяйственной академии, т. 8(8442)411324
Ковылин Андрей Васильевич	аспирант кафедры энергоснабжения и теплотехники ВолгГАСУ
Кореновский Александр Михайлович	аспирант кафедры гидротехнических сооружений Новочеркасской государственной мелиоративной академии, т. 8(86252)55416
Косицына Эльвира Сергеевна	канд. техн. наук, проф. кафедры экологического строительства и городского хозяйства ВолгГАСУ
Крахмальний Тимофей Александрович	ассистент кафедры сопротивления материалов, строительной и прикладной механики Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института), Timon_82@mail.ru
Куц Людмила Романовна	ст. преподаватель кафедры энергоснабжения и теплотехники ВолгГАСУ
Мартынова Галина Владимировна	доц. кафедры промышленного и гражданского строительства Ухтинского государственного технического университета, pmajorova@ugtu.net
Масляев Александр Викторович	канд. техн. наук, научно-исследовательская сейсмологическая лаборатория ВолгГАСУ
Матуа Вахтанг Парменович	д-р техн. наук, проф. кафедры автомобильных дорог Ростовского государственного строительного университета, т. 8(863)2208971
Махова Светлана Ивановна	канд. геол.-минерал. наук, доц. кафедры инженерной геологии и геоэкологии ВолгГАСУ
Молчанов Виктор Михайлович	канд. архит., проф., зав. кафедрой архитектуры жилых и общественных зданий Института архитектуры и искусств Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, gai@aanet.ru
Надеева Ирина Владимировна	канд. физ.-мат. наук, проф. кафедры технологий обработки и производства материалов Волжского института строительства и технологий (филиала) ВолгГАСУ, vistex@e-telecom.ru
Нестратов Михаил Юрьевич	канд. техн. наук, доц. кафедры гидротехнических и земляных сооружений ВолгГАСУ
Николаев Анатолий Петрович	д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой мелиоративного и водохозяйственного строительства Волгоградской государственной сельскохозяйственной академии т. 8(8442)419829
Носова Ирина Викторовна	ассистент кафедры технологий обработки и производства материалов Волжского института строительства и технологий (филиала) ВолгГАСУ, vistex@e-telecom.ru
Пушкарская Ольга Юрьевна	канд. техн. наук, доц. кафедры технологий обработки и производства материалов Волжского института строительства и технологий (филиала) ВолгГАСУ
Ращепкина Светлана Алексеевна	канд. техн. наук, доц., зам. зав. кафедрой промышленного и гражданского строительства Балаковского института техники, технологии и управления Саратовского государственного технического университета, sstu_office@sstu.ru
Романов Денис Анатольевич	аспирант Саратовского государственного технического университета, ассистент кафедры промышленного и гражданского строительства Балаковского института техники, технологии и управления СГТУ, sstu_office@sstu.ru
Савосин Александр Владимирович	соискатель кафедры технологий обработки и производства материалов Волжского института строительства и технологий (филиала) ВолгГАСУ, vistex@e-telecom.ru
Седова Анастасия Сергеевна	аспирант кафедры экономики и управления дорожным хозяйством ВолгГАСУ
Синяков Владимир Николаевич	д-р геол.-минерал. наук, профессор, зав. кафедрой инженерной геологии и геоэкологии ВолгГАСУ
Соловьев Александр Владимирович	аспирант кафедры гидротехнических и земляных сооружений ВолгГАСУ
Фокин Владимир Михайлович	д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой энергоснабжения и теплотехники ВолгГАСУ
Черешнев Игорь Владимирович	канд. архит., доц., доц. кафедры дизайна и монументально-декоративного искусства ВолгГАСУ
Черсков Роман Михайлович	аспирант, мл. науч. сотрудник Ростовского государственного строительного университета, 8(863)2637776
Чирва Дмитрий Владимирович	мл. науч. сотрудник кафедры автомобильных дорог Ростовского государственного строительного университета, 8(863)2637776
Чуб Александр Иванович	канд. экон. наук, доц. кафедры экономики и управления проектами в строительстве ВолгГАСУ
Шашин Алексей Викторович	аспирант кафедры отопления и вентиляции ВолгГАСУ, ingvent@mail.ru
Шестопад Александр Осипович	канд. техн. наук, проф. кафедры гидротехнических и земляных сооружений ВолгГАСУ
Шиян Станислав Иванович	канд. техн. наук, соискатель кафедры гидротехнических и земляных сооружений ВолгГАСУ
Шубин Михаил Алексеевич	д-р техн. наук, проф., проф. кафедры водоснабжения и водоотведения ВолгГАСУ
Якименко Игорь Валерьевич	соискатель кафедры гидротехнических и земляных сооружений ВолгГАСУ
Якунин Дмитрий Александрович	аспирант кафедры гидротехнических и земляных сооружений ВолгГАСУ

Примечание. С авторами статей — аспирантами, докторантами и сотрудниками ВолгГАСУ — можно связаться по e-mail: postmaster@vgasu.ru (в теме письма указать наименование кафедры, фамилию и инициалы адресата).