

Министерство образования и науки Российской Федерации

**ВЕСТНИК
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

Серия: Строительство и архитектура

**Выпуск
20 (39)**

Научно-теоретический и производственно-практический
журнал

2010

Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta
Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura

(Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering
Series: Civil Engineering and Architecture)

Выходит 4 раза в год

Основан в 1999 г.

Волгоград

ВолгГАСУ

С о д е р ж а н и е

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

- Богомолов А.Н., Ушаков А.Н., Богомолова О.А.** Напряженно-деформированное состояние упругой полуплоскости при действии нагрузок, распределенных по полосе 5
- Богомолов А.Н., Качурин Я.В., Богомолова О.А., Якименко И.В., Соловьев А.В.** Исследование несущей способности и осадок основания системы пяти параллельных незаглубленных фундаментов на мелкогабаритных моделях 21
- Богомолов А.Н., Евтушенко С.И., Пухур В.Н.** Экспериментальные исследования работы перекрестно-ленточного фундамента на моделях 28
- Саламов А.М., Габибов Ф.Г., Богомолова О.А.** Исследование оползневых процессов на правом берегу Мингечаурского водохранилища методами электроразведки 33
- Муравьева Л.В.** Критерии разрушения подземных трубопроводов при сейсмическом воздействии 40
- Старов А.В.** Большие прогибы жесткопластических пологих оболочек вращения с шарнирно-неподвижным опиранием и жестким защемлением края 45
- Сафина А.Г.** Сопоставление прогнозируемых осадок плитных фундаментов с фактическими осадками 52

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- Груздев А.А., Акчури Т.К., Пушкарская О.Ю.** Минерально-абразивные шламы — эффективные наполнители бетонов 58
- Пушкарская А.А., Акчури Т.К.** Компаунд на основе полимерных отходов для гидроизоляции строительных конструкций 62
- Заднепровский Р.П., Трохимчук М.В.** Предварительный критерий оценки пластичности материалов 66
- Ахматов М.А., Лихов С.Р.** Эксплуатационные и технические требования к качеству бетонных элементов мощения 70
- Луговая В.А., Орешкин В.Д., Лобанова Е.Т.** Влияние термической обработки на твердость и износостойкость композиционных покрытий на основе карбоборидов тугоплавких металлов 76

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Азаров В.Н., Кузнецова Н.С., Масюкова Л.В. Особенности аттестации рабочих мест по условиям труда в строительстве 81

Кузнецова Н.С., Масюкова Л.В. Анализ опасных и вредных производственных факторов в строительстве 87

Пономарева Н.С. Концентрации меловой пыли в воздухе рабочих зон и выбросах в атмосферу на предприятиях строительной индустрии 93

ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ, ИНТЕНСИФИКАЦИЯ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Стефаненко И.В. Основные радиационные процессы по переработке отходов 99

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

Бойков А.Г. Расчет времени начала измерений при одностороннем нагреве плоских тел 105

Усадский Д.Г., Фокин В.М., Карпенко А.Н. Сравнительный анализ работы нагревателя жидкого теплоносителя и существующих теплогенераторов для систем теплоснабжения 108

Тарабанов М.Г., Прокофьев П.С. Нагревание и увлажнение воздуха низкопотенциальным теплоносителем в системах вентиляции и кондиционирования 112

Диденко В.Г., Шубин О.В., Голубева С.И. Особенности течения локализирующего потока газа в межлопаточных каналах вихревого местного отсоса 117

Беломутенко С.В., Диденко В.Г., Остриков А.С. Оценка реализуемости модели транспортируемой приточной струи в схемах вытесняющей вентиляции 121

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Цыганкова К.В., Мукосеев Б.И., Захаров Г.А. Моделирование процесса истечения свободной вертикальной струи из цилиндрического насадка 125

Мягкая Т.М., Пустовалов Е.В., Худадян К.А. Оценка использования коагулянтов и окислителей для снижения окисляемости питьевой воды 132

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО. ГИДРАВЛИКА

Гаврилюк С.М. Результаты гидравлических исследований участка реки Белой на пространственной модели 136

Кашарин Д.В., Годин М.А. Область применения и обоснование параметров мобильных микро-ГЭС рукавного типа для малых водотоков 142

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ. АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Агеева К.А. Особенности реконструкции исторической среды в г. Ростове-на-Дону 149

Масляев А.В. Стадии проектирования сейсмостойких ответственных зданий 153

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ТЕОРИЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДА. УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

Антюфеев А.В. Целевые индикаторы территориально-градостроительной политики 159

Юшкова Н.Г. Планирование пространственного развития региона: идеология и технология 164

Иржаков А.С. Современные проблемы градостроительной классификации и размещения остановочных пунктов городского пассажирского транспорта Волгограда 172

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА. ЛАНДШАФТНАЯ АРХИТЕКТУРА

Сапожкова Н.В. Комплексная оценка воздействия автотранспорта для регулирования экологической ситуации в городе 175

Кагайкин И.А. Основные направления архитектурно-ландшафтной организации городов Нижнего Поволжья 180

Двинянина О.В., Недре А.Ю. Определение перечней вредных (загрязняющих) веществ, подлежащих нормированию, на объектах стройиндустрии 184

Нечаева Л.А. Оценка выбросов загрязняющих веществ на период строительства объектов непроизводственного назначения 189

Недре А.Ю., Азаров В.Н., Шарыгина И.О. Нормативы качества атмосферного воздуха для зеленых насаждений промышленных городов 195

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Калашникова Ю.С. Обоснование методики рейтинговой оценки качества функционирования транспортной системы города 202

НАШИ АВТОРЫ 205

C o n t e n s

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

Bogomolov A.N., Ushakov A.N., Bogomolova O.A. Stress-strain state of elastic half-plane action for the loads distributed over the band	5
Bogomolov A.N., Kachurin I.V., Bogomolova O.A., Yakimenko I.V., Soloviev A.V. Research work of carrying force and yielding of foundation of five parallel unsunk foundations in small-sized models	21
Bogomolov, A.N., Evtushenko S.I., Pihur V.N. Experimental studies of cross-strip foundation on plaster models	28
Salamov A.M., Gabibov F.G., Bogomolova O.A. Research work of soil slips on the right bench Mingachevir reservoir by electrical exploration methods	33
Muravyova L.V. Fracture criterions of subterranean lines by earthquake load	40
Starov A.V. Large hogs of rigid plastic shallow shells of revolution with hinged-fixed buttress and rigidly fixing edge	45
Safina A.G. Comparison of projected settlements foundation slabs with real settlements	52

BUILDING MATERIALS AND ARTICLES

Gruzdev A.A., Akchurin T.K., Pushkarskaya O.Y. Mineralno-abrasive waste — effective concrete fillers	58
Pushkarskaya A.A., Akchurin T.K. Compound on the basis of a polymeric waste for a waterproofing of building designs	62
Zadneprovskij R.P., Trokhimchuk M.V. Tentative evaluation criterion plastic materials	66
Akhmatov M.A., Likhov S.R. Operational and technical requirements for quality concrete paving elements	70
Lugovaya V.A., Oreshkin V.D., Lobanova E.T. Effect of heat treatment on hardness and wear resistance composite coatings based on refractory carboborides of metals	76

TECHNOLOGY AND CONTROL IN CONSTRUCTION. LIFE SAFETY
END LABOR SAFETY IN CONSTRUCTION

Azarov V. N., Kuznetsova N.S., Masyukova L.V. Features assessment of work places under labour conditions in the building	81
Kuznetsova N.S., Masyukova L.V. Analysis of dangerous and harmful production factors in building	87
Ponomareva N.S. About concentration of chalk and plaster dust in the air of working zones and air emissions construction industry	93

INNOVATIONS IN CONSTRUCTION, INTENSIFICATION, ENERGY SAVING

Stefanenko I.V. Basic radiation processes for waste conversation	99
---	----

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

Boykov A.G. Timing of the measurement onset an on-sided heating plane bodies	105
Usadskiy D.G., Fokin V.M., Karpenko A.N. Comparative analysis of heater carrying fluid to existing heat generators for heat simply systems	108
Tarabov M.G., Prokofiev P.S. Heating and air humidification low-grade coolant in the conditioning and ventilation systems	112
Didenko V.G., Shubin O.V., Golubeva S.I. Features of the flow confining the gas flow channels in inter-scapular vortex local exhaust	117
Belomutenko S.V., Didenko V.G., Ostrikov A.S. Assessment of the feasibility model transported fresh air in the principle displaces	121

WATER SUPPLY, SEWERAGE, CONSTRUCTIONS FOR WATER RESOURCES PROTECTION

Tsygankova K.V., Mukoseev B.I., Zaharov G.A. Model analysis of flow process open vertical jet from a cylindrical probe	125
Myagkaya T.M., Pustovalov E.V., Hudadjan K.A. Utilization review of coagulating agents and oxidizing compounds to reduce oxidization characteristic drinking water	132

HYDROTECHNICAL ENGINEERING. HYDRAULIC CONTROLS

Gavrilyuk S.M. Results of hydraulic study river stretch Belaya on spatial model	136
Kasharin D.V., Godin M.A. Application domain and justification of the parameters of mobile small hydro-electric station of hand hose for minor streams	142

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

Ageeva K.A. Reconstruction features of historical environment in the city Rostov-Don	149
---	-----

Maslyayev A.V. Stages of designing earthquakeproof of responsible buildings	153
URBAN PLANNING. THEORY OF URBAN DEVELOPMENT. CONTROL OF INVESTMENT URBAN PLANNING ACTIVITY	
Antyufeev A.V. Target indicators of the territorial-planning urban policy	159
Yushkova N.G. Planning of region solid development: ideology and technology	164
Irzhakov A.S. Modern problems of town building classification and placement of stations for passenger vehicles of Volgograd	172
ENVIRONMENTAL ISSUES IN URBAN PLANNING. LANDSCAPE ARCHITECTURE	
Sapozhkova N.V. Urban environmental control: combined assessment of automobile traffic environmental effect	175
Kagaykin I.A. Basic directions architecturally-landscape organization of the Low Volga region cities	180
Dvinyanina O.V., Nedre A.Yu. Define list of hazardous (pollution agents) substances, that are subject to regulation, on the building industry	184
Nechayeva L.A. Estimation of emissions of polluting substances for building of objects of non-productive appointment	189
Nedre A.Yu., Azarov V.N., Sharygina I.O. Common air quality standarts for softcape industrial towns	195
SCIENTIFIC-METHODS SECTION	
Kalashnikova Yu.S. Substantiation methods of rating score performance of the city transport system	202
OUR AUTHORS	205

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

УДК 624.042.1:624.131

А.Н. Богомолов, А.Н. Ушаков, О.А. Богомолова

**НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ УПРУГОЙ ПОЛУПЛОСКОСТИ
ПРИ ДЕЙСТВИИ НАГРУЗОК, РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ПО ПОЛОСЕ**

Приведены аналитические решения задач об определении величин напряжений и смещений в однородной изотропной полуплоскости, загруженной вертикальной полосовой нагрузкой, имеющей различные законы изменения по ширине полосы, которые получены на основе использования методов теории функций комплексного переменного.

К л ю ч е в ы е с л о в а: методы теории функций комплексного переменного, полосовая нагрузка, напряженно-деформированное состояние, напряжение, смещение.

The calculation bases on the deformation, which is one of the most important and complex problems of soil mechanics, which were very popular model. These models are based on solutions of the elasticity theory. In article presents analytical solutions for problems of determining the values of stresses and displacements in a homogeneous isotropic half-plane. The half-plane loaded vertical strip load, which has different laws of variation on bandwidth. These laws are derived using methods of complex variable theory. Expressions for the stress components and displacement of other strip loads can be obtained by creating a combination of the solutions.

К e y w o r d s: methods of complex variable theory, strip load, stress-strain state, strain, shift.

Поскольку те или иные величины осадок в процессе строительства и эксплуатации получают все сооружения, то расчет оснований по деформациям, т.е. по второй группе предельных состояний, является одной из важнейших и одновременно сложных задач механики грунтов. Расчет осадки производится в рамках определенной модели грунтовой среды. В настоящее время в механике грунтов большое распространение получили модели, для математического описания которых применяется аппарат механики сплошной среды [1].

В результате экспериментов, проведенных А.В. Голли, В.Н. Голубковым, П.А. Коноваловым и другими учеными, было установлено [2], что деформации грунтов под фундаментами развиваются в основном в верхней зоне основания, поэтому для анализа осадки сооружения могут быть применены модели, основанные на решениях теории упругости [2, 3].

Хорошо известно [4, с. 348], что граничное условие для решения первой основной граничной задачи плоской теории упругости для полуплоскости имеет вид

$$\Phi(t) + \overline{\Phi(t)} + t\overline{\Phi'(t)} + \overline{\Psi(t)} = N(t) - iT(t)$$

или

$$\Phi(t) + \overline{\Phi(t)} + t\overline{\Phi'(t)} + \Psi(t) = N(t) + iT(t),$$

где $\Phi(t), \Psi(t)$ — граничные значения функций напряжения $\Phi(z)$ и $\Psi(z)$, голоморфных в нижней полуплоскости, $N(t)$ и $T(t)$ — нормальное и касательное напряжения, приложенные к некоторому участку оси Ox .

Будем полагать, что $N(t)$ и $T(t)$ — непрерывные функции, удовлетворяющие условиям

$$N(t) = o\left(\frac{1}{t}\right), \quad T(t) = o\left(\frac{1}{t}\right) \quad \text{при } |t| \rightarrow \infty.$$

Функции напряжения $\Phi(z)$ и $\Psi(z)$, дающие решение первой основной задачи, имеют вид [4, с. 349]

$$\Phi(z) = -\frac{1}{2\pi i} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{N(t) - iT(t)}{t - z} dt, \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \Psi(z) &= -\frac{1}{2\pi i} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{N(t) + iT(t)}{t - z} dt - \Phi(z) - z\Phi'(z) = \\ &= -\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{T(t)}{t - z} dt + \frac{z}{2\pi i} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{N(t) - iT(t)}{(t - z)^2} dt, \end{aligned} \quad (2)$$

где z — произвольная точка нижней полуплоскости.

Пусть отрезок $-a \leq t \leq a$ оси Ox подвержен равномерному давлению p , а на остальной части границы внешние усилия отсутствуют. Необходимо определить напряженное состояние в нижней полуплоскости. Решение этой задачи было впервые получено Д. Мичеллом [5], затем Г.В. Колосовым [6, 7].

Приведем наиболее эффективное решение данной задачи, полученное Н.И. Мусхелишвили [4, с. 352] методом комплексных потенциалов.

Пусть $N(t) = -p$ на $-a \leq t \leq a$ и $N(t) = 0$ при любых других значениях t (рис. 1). Тогда компоненты напряжения, вычисленные по формулам Колосова — Мусхелишвили

$$\sigma_x + \sigma_y = 4\operatorname{Re}\Phi(z),$$

$$\sigma_y - \sigma_x + 2\tau_{xy} = 2(\bar{z}\Phi'(z) + \Psi(z)),$$

имеют вид

$$\sigma_x = -\frac{p}{\pi}(\theta_1 - \theta_2) + \frac{2pay(x^2 - y^2 - a^2)}{\pi\left((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2y^2\right)};$$

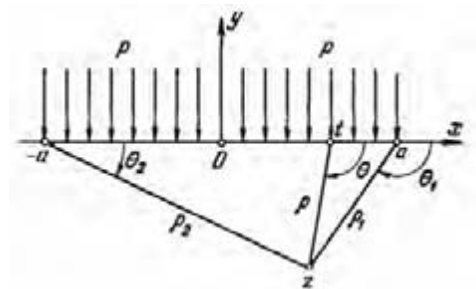


Рис. 1. Расчетная схема задачи (цит. по [1])

$$\sigma_y = -\frac{p}{\pi}(\theta_1 - \theta_2) - \frac{2pay(x^2 - y^2 - a^2)}{\pi((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2y^2)}; \quad (3)$$

$$\tau_{xy} = \frac{4paxy^2}{\pi((x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2y^2)},$$

где $\theta_1 - \theta_2 = \arctg\left(\frac{a-x}{|y|}\right) + \arctg\left(\frac{a+x}{|y|}\right)$ — угол, под которым виден загруженный участок из точки z (угол видимости).

На рис. 2 приведены изолинии горизонтальных σ_x , вертикальных σ_y и касательных τ_{xy} напряжений, построенные на основании формул (3) при $a=10$; $p=1$.

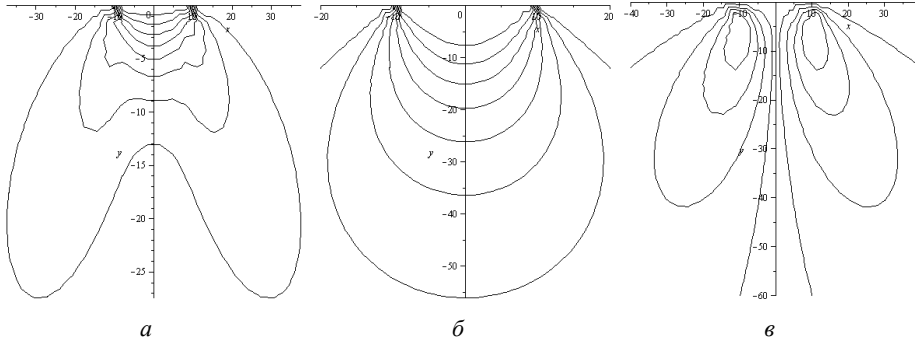


Рис. 2. Изолинии горизонтальных σ_x (а), вертикальных σ_y (б) и касательных τ_{xy} (в) напряжений в нижней полуплоскости

Для определения компоненты вертикальной деформации воспользуемся известной формулой [4, с. 95]

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2\mu}(\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_y)), \quad (4)$$

где $\mu = E/2(1+\nu)$ — модуль сдвига, который выражается через E — модуль деформации (модуль Юнга) и ν — коэффициент Пуассона.

Подставляя выражения для компонент горизонтального и вертикального напряжения из (3) в соотношение (4), имеем

$$\varepsilon_y = -\frac{p}{2\pi\mu} \left((1-2\nu) \left(\arctg\left(\frac{a-x}{|y|}\right) + \arctg\left(\frac{a+x}{|y|}\right) \right) + \frac{2ay(x^2 - y^2 - a^2)}{(x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2y^2} \right). \quad (5)$$

На рис. 3 приведены изолинии компоненты $2\mu\varepsilon_y$ для песчаного и глинистого грунтов, построенные на основании формулы (5).

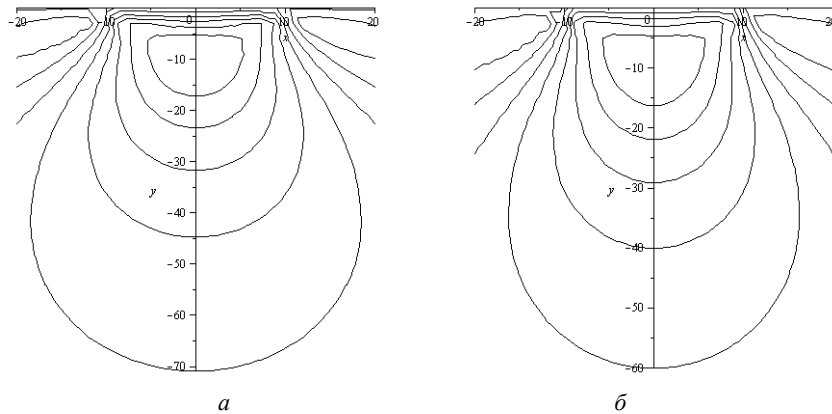


Рис. 3. Изолинии $2\mu\epsilon_y$: при $a=10$; $p=1$; $v=0,42$ (глинистый грунт) (а) и $a=10$; $p=1$; $v=0,3$ (песчаный грунт) (б)

Предположим, что грунтовый массив, расположенный в нижней полуплоскости, является однородным и изотропным. В этом случае можно принять, что среда является линейно-деформируемой, и вычисление осадок как вертикального перемещения точек полуплоскости возможно определить

$$s = \int_0^y \epsilon_y dy = H(x, 0) - H(x, y), \quad (6)$$

где $H(x, y)$ — вертикальное перемещение в точке (x, y) , а y — например, глубина сжимаемого слоя [8].

Подставляя (5) в (6), получим

$$s = -\frac{p(1-2\nu)}{2\pi\mu} \int_0^y \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a-x}{|y|} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{a+x}{|y|} \right) \right) dy - \\ - \frac{pa}{\pi\mu} \int_0^y \frac{y(x^2 - y^2 - a^2)}{(x^2 + y^2 - a^2)^2 + 4a^2 y^2} dy.$$

Пусть $|x| < a$. Вычисляя интеграл, имеем

$$s = -\frac{p(1-2\nu)}{2\pi\mu} \left(y \operatorname{arctg} \left(\frac{a-x}{y} \right) + y \operatorname{arctg} \left(\frac{a+x}{y} \right) + \frac{a-x}{2} \ln \left(\frac{(a-x)^2 + y^2}{(a-x)^2} \right) + \right. \\ \left. + \frac{a+x}{2} \ln \left(\frac{(a+x)^2 + y^2}{(a+x)^2} \right) \right) - \frac{p}{2\pi\mu} \left(\frac{a+|x|}{2} \ln \left(\frac{(a+|x|)^2 + y^2}{(a+|x|)^2} \right) + \right. \\ \left. + \frac{a-|x|}{2} \ln \left(\frac{(a-|x|)^2 + y^2}{(a-|x|)^2} \right) \right). \quad (7)$$

С учетом симметрии функции относительно оси ординат окончательно получим

$$s = -\frac{p(1-2\nu)}{2\pi\mu} \left(y \operatorname{arctg} \left(\frac{a-x}{y} \right) + y \operatorname{arctg} \left(\frac{a+x}{y} \right) + \right. \\ \left. + \frac{a-x}{2} \ln \left(\frac{(a-x)^2 + y^2}{(a-x)^2} \right) + \frac{a+x}{2} \ln \left(\frac{(a+x)^2 + y^2}{(a+x)^2} \right) \right) - \\ - \frac{p}{2\pi\mu} \left(\frac{a+x}{2} \ln \left(\frac{(a+x)^2 + y^2}{(a+x)^2} \right) + \frac{a-x}{2} \ln \left(\frac{(a-x)^2 + y^2}{(a-x)^2} \right) \right). \quad (8)$$

Заметим, что при $x = 0$ формула (8) принимает вид

$$s = -\frac{p(1-2\nu)}{\pi\mu} \left(y \operatorname{arctg} \left(\frac{a}{y} \right) \right) - \frac{pa(1-\nu)}{\pi\mu} \ln \left(\frac{y^2 + a^2}{a^2} \right),$$

причем при $y \rightarrow 0$ $s \rightarrow 0$, а при $y \rightarrow -\infty$ $s \rightarrow -\infty$.

На рис. 4 приведены изолинии $2\mu s$ для глины и песка, построенные на основании формулы (8).

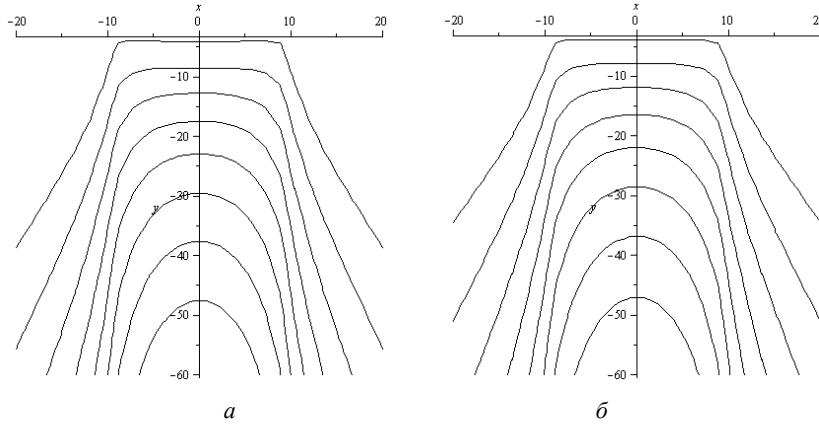


Рис. 4. Изолинии $2\mu s$: при $a = 10$; $p=1$; $\nu=0,42$ (глинистый грунт) (а) и $a=10$; $p=1$; $\nu = 0,3$ (песчаный грунт) (б)

Перепишем формулу (8) в виде

$$2\mu s = -\frac{p(1-2\nu)}{\pi} \left(y \operatorname{arctg} \left(\frac{a-x}{y} \right) + y \operatorname{arctg} \left(\frac{a+x}{y} \right) + \frac{a-x}{2} \ln \left(\frac{(a-x)^2 + y^2}{(a-x)^2} \right) + \right. \\ \left. + \frac{a+x}{2} \ln \left(\frac{(a+x)^2 + y^2}{(a+x)^2} \right) \right) - \frac{p}{\pi} \left(\frac{a+x}{2} \ln \left(\frac{(a+x)^2 + y^2}{(a+x)^2} \right) + \right. \\ \left. + \frac{a-x}{2} \ln \left(\frac{(a-x)^2 + y^2}{(a-x)^2} \right) \right) \quad (9)$$

и построим таблицу значений $2\mu s$ для двух рассматриваемых типов грунтов.

Т а б л и ц а 1

Значения $2\mu s$ от действия вертикальной нагрузки, равномерно распределенной по полосе

у	х						
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0
при $a=3$; $\nu=0,42$ (глинистый грунт); $p=1$							
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,1	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017
0,2	0,035	0,035	0,035	0,036	0,036	0,036	0,036
0,3	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,057
0,5	0,102	0,102	0,102	0,102	0,103	0,103	0,104
0,7	0,154	0,154	0,154	0,155	0,155	0,156	0,159
1,0	0,244	0,244	0,244	0,244	0,246	0,247	0,251
при $a=3$; $\nu=0,3$ (песчаный грунт); $p=1$							
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,1	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041
0,2	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
0,3	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126
0,5	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,217
0,7	0,310	0,310	0,310	0,310	0,311	0,311	0,313
1,0	0,459	0,459	0,459	0,459	0,460	0,461	0,463

Перейдем к случаям нагрузки, распределенной линейно (по закону треугольника). Пусть $N_1(t) = -pt/2a$ на отрезке $0 \leq t \leq 2a$ оси Ox и $N_1(t) = 0$ при остальных значениях t (рис. 5). Определим напряженное состояние в нижней полуплоскости.

Рассуждая так же, как было сделано выше, получим

$$\sigma_x = \frac{py}{2\pi a} \ln \left(\frac{(2a-x)^2 + y^2}{x^2 + y^2} \right) -$$



Рис. 5. Расчетная схема задачи

$$- \frac{px}{2\pi a} \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{x}{|y|} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{2a-x}{|y|} \right) \right) - \frac{py(2a-x)}{\pi((2a-x)^2 + y^2)},$$

$$\sigma_x = - \frac{px}{2\pi a} \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{x}{|y|} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{2a-x}{|y|} \right) \right) + \frac{py(2a-x)}{\pi((2a-x)^2 + y^2)}, \quad (10)$$

$$\tau_{xy} = \frac{py^2}{\pi((2a-x)^2 + y^2)} + \frac{py}{2\pi a} \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{x}{|y|} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{2a-x}{|y|} \right) \right).$$

На рис. 6 приведены изолинии горизонтальных, вертикальных и касательных напряжений, построенные на основании формул (10) при $a=5$, $p=1$.

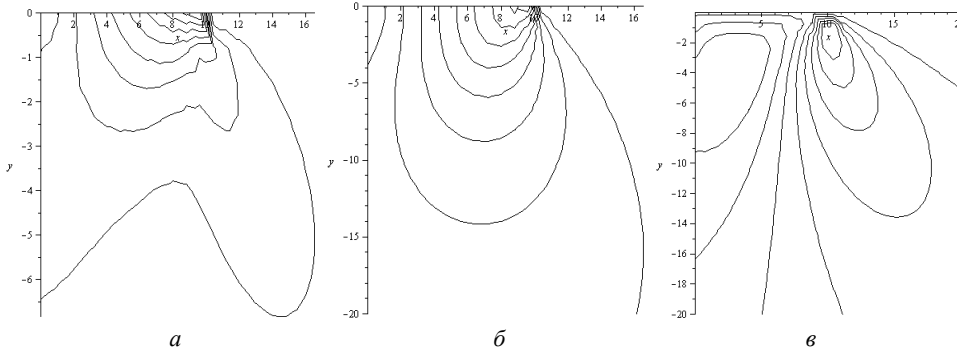


Рис. 6. Изолинии горизонтальных σ_x (а), вертикальных σ_y (б) и касательных σ_{xy} (в) напряжений в нижней полуплоскости

Используя (4) и (10), вычислим компоненту вертикальной деформации

$$\varepsilon_y = \frac{p}{4\pi\mu a} \left(\frac{2ay(2a-x)}{(2a-x)^2 + y^2} - \nu y \ln \left(\frac{(2a-x)^2 + y^2}{x^2 + y^2} \right) - (1-2\nu)x \left(\arctg \left(\frac{x}{|y|} \right) + \arctg \left(\frac{2a-x}{|y|} \right) \right) \right). \quad (11)$$

На рис. 7 приведены изолинии компоненты $2\mu\varepsilon_y$ для глины и песка, построенные на основании формулы (11).

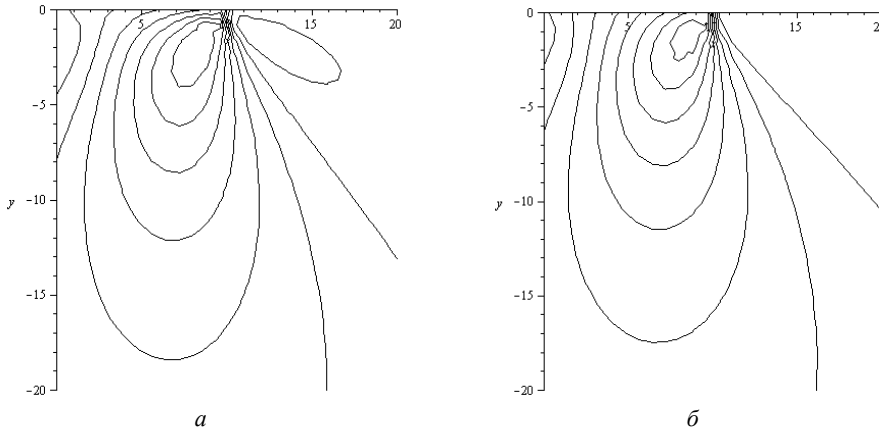


Рис. 7. Изолинии $2\mu\varepsilon_y$: при $a = 5$, $p = 1$, $\nu = 0,42$ (глинистый грунт) (а); $a = 5$, $p = 1$, $\nu = 0,3$ (песчаный грунт) (б)

Перейдем к вычислению осадки. Подставив (11) в (6), имеем

$$s = -\frac{p(1-2\nu)x}{4\pi\mu a} \int_0^y \left(\arctg \left(\frac{x}{|y|} \right) + \arctg \left(\frac{2a-x}{|y|} \right) \right) dy - \frac{p\nu}{4\pi\mu a} \int_0^y y \ln \left(\frac{(2a-x)^2 + y^2}{x^2 + y^2} \right) dy + \frac{p(2a-x)}{2\pi\mu} \int_0^y \frac{y dy}{(2a-x)^2 + y^2}.$$

Вычисляя интеграл и полагая $0 < x < 2a$, получим

$$s = -\frac{p(1-2\nu)x}{4\pi\mu a} \left(y \operatorname{arctg}\left(\frac{x}{y}\right) + y \operatorname{arctg}\left(\frac{2a-x}{y}\right) + \frac{x}{2} \ln\left(\frac{x^2+y^2}{x^2}\right) + \right. \\ \left. + \frac{(2a-x)}{2} \ln\left(\frac{(2a-x)^2+y^2}{(2a-x)^2}\right) + \frac{pv}{8\pi\mu a} \left(((2a-x)^2+y^2) \ln((2a-x)^2+y^2) - \right. \right. \\ \left. - 2(2a-x)^2 \ln(2a-x) - (x^2+y^2) \ln(x^2+y^2) + 2x^2 \ln x \right) - \\ \left. - \frac{p(2a-x)}{4\pi\mu} \ln\left(\frac{(2a-x)^2+y^2}{(2a-x)^2}\right) \right), \quad (12)$$

или

$$2\mu s = -\frac{p(1-2\nu)x}{2\pi a} \left(y \operatorname{arctg}\left(\frac{x}{y}\right) + y \operatorname{arctg}\left(\frac{2a-x}{y}\right) + \frac{x}{2} \ln\left(\frac{x^2+y^2}{x^2}\right) + \right. \\ \left. + \frac{(2a-x)}{2} \ln\left(\frac{(2a-x)^2+y^2}{(2a-x)^2}\right) + \right. \\ \left. + \frac{pv}{4\pi a} \left(((2a-x)^2+y^2) \ln((2a-x)^2+y^2) - 2(2a-x)^2 \ln(2a-x) - \right. \right. \\ \left. - (x^2+y^2) \ln(x^2+y^2) + 2x^2 \ln x \right) - \frac{p(2a-x)}{2\pi} \ln\left(\frac{(2a-x)^2+y^2}{(2a-x)^2}\right). \quad (13)$$

На рис. 8 приведены изолинии значений $2\mu s$ для глины и песка, построенные на основании формулы (13), а ниже — соответствующая таблица.

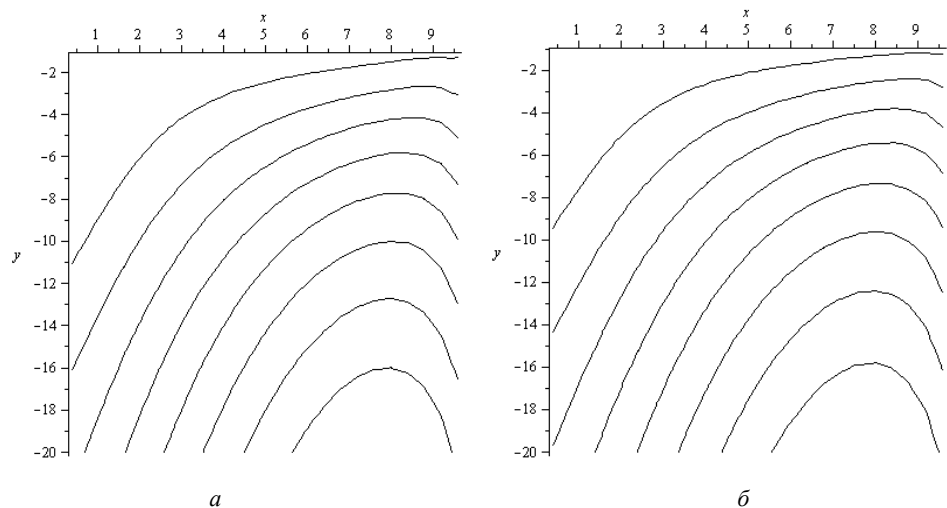


Рис. 8. Изолинии $2\mu s_y$: при $a = 5$, $p = 1$, $\nu = 0,42$ (глинистый грунт) (а); $a = 5$, $p = 1$, $\nu = 0,3$ (песчаный грунт) (б)

Т а б л и ц а 2

Значения $2\mu s$ от действия вертикальной нагрузки, распределенной по закону треугольника $N_1(t)$ при $a=1,5$; $\nu = 0,42$ (глинистый грунт); $p=1$

у	х							
	0,0	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2	2,5
при $a=1,5$; $\nu = 0,42$ (глинистый грунт); $p=1$								
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,1	+ 0,001	0,001	0,002	0,004	0,006	0,009	0,012	0,017
0,2	+ 0,004	0,001	0,005	0,008	0,012	0,020	0,028	0,039
0,3	+ 0,006	0,001	0,007	0,012	0,019	0,032	0,046	0,066
0,5	+ 0,012	0,001	0,011	0,021	0,036	0,061	0,090	0,126
0,7	+ 0,018	0,010	0,016	0,031	0,055	0,095	0,140	0,187
1	+ 0,022	0,005	0,027	0,051	0,088	0,152	0,219	0,274
1,5	+ 0,019	0,022	0,056	0,093	0,152	0,252	0,346	0,401
при $a=1,5$; $\nu = 0,3$ (песчаный грунт); $p=1$								
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,1	+ 0,001	0,004	0,007	0,009	0,014	0,021	0,028	0,036
0,2	+ 0,002	0,007	0,013	0,019	0,028	0,043	0,058	0,075
0,3	+ 0,003	0,010	0,019	0,028	0,042	0,066	0,090	0,118
0,5	+ 0,005	0,016	0,032	0,048	0,073	0,115	0,159	0,205
0,7	+ 0,005	0,023	0,046	0,070	0,106	0,167	0,230	0,288
1	+ 0,001	0,038	0,070	0,105	0,158	0,248	0,337	0,402
1,5	0,017	0,074	0,121	0,171	0,249	0,382	0,501	0,566

Рассмотрим еще один тип линейной нагрузки. Пусть $N_2(t) = -\frac{p}{2a}(2a-t)$ на участке $0 \leq t \leq 2a$ и $N_2(t) = 0$ при всех остальных значениях t (рис. 9).

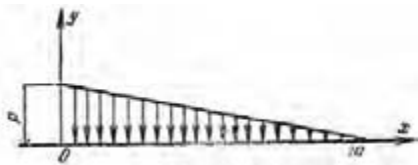


Рис. 9. Расчетная схема задачи

Найдем компоненты напряжения, соответствующие данной нагрузке. Проведя все необходимые вычисления, получим

$$\sigma_x = -\frac{py}{2\pi a} \ln \left(\frac{(2a-x)^2 + y^2}{x^2 + y^2} \right) -$$

$$-\frac{p(2a-x)}{2\pi a} \left(\arctg \left(\frac{2a-x}{|y|} \right) + \arctg \left(\frac{x}{|y|} \right) \right) - \frac{pxy}{\pi(x^2 + y^2)},$$

$$\sigma_y = -\frac{p(2a-x)}{2\pi a} \left(\arctg \left(\frac{2a-x}{|y|} \right) + \arctg \left(\frac{x}{|y|} \right) \right) + \frac{pxy}{\pi(x^2 + y^2)}, \quad (14)$$

$$\tau_{xy} = -\frac{py^2}{\pi(x^2 + y^2)} - \frac{py}{2\pi a} \left(\arctg \left(\frac{2a-x}{|y|} \right) + \arctg \left(\frac{x}{|y|} \right) \right).$$

На рис. 10 приведены изолинии горизонтального, вертикального и касательного напряжения, построенные на основании формул (14) при $a=5$, $p=1$.

Используя (4) и (14), вычислим компоненту вертикальной деформации

$$\varepsilon_y = \frac{p}{4\pi\mu a} \left(\frac{2axy}{x^2 + y^2} + \nu y \ln \left(\frac{(2a-x)^2 + y^2}{x^2 + y^2} \right) + \right. \\ \left. + (1-2\nu)(x-2a) \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{2a-x}{|y|} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{x}{|y|} \right) \right) \right). \quad (15)$$

На рис. 11 приведены изолинии компоненты $2\mu\varepsilon_y$ для глины и песка, построенные на основании формулы (15).

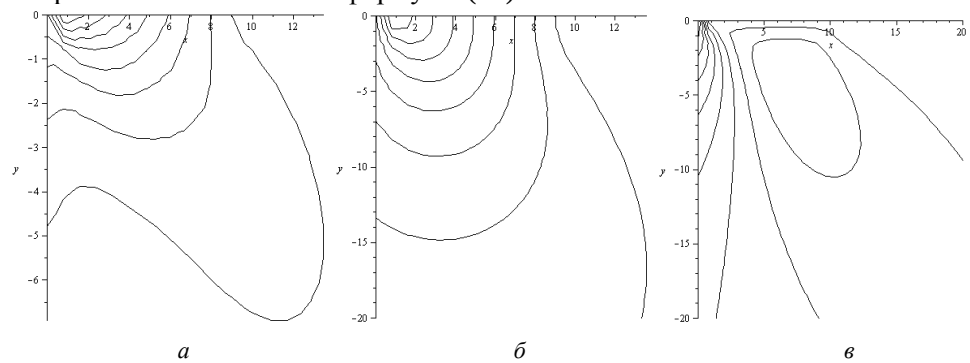


Рис. 10. Изолинии горизонтальных σ_x (а), вертикальных σ_y (б) и касательных σ_{xy} (в) напряжений в нижней полуплоскости

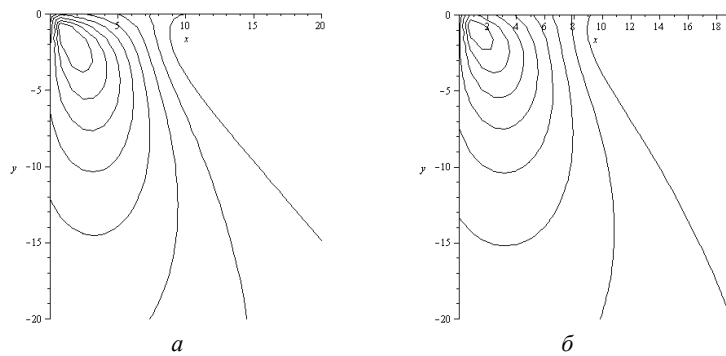


Рис. 11. Изолинии $2\mu\varepsilon_y$: при $a=5$, $p=1$, $\nu=0,42$ (глинистый грунт) (а); $a=5$, $p=1$, $\nu=0,3$ (песчаный грунт) (б)

Перейдем к вычислению осадки. Подставляя (15) в (6), имеем

$$s = \frac{p(1-2\nu)(x-2a)}{4\pi\mu a} \int_0^y \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{2a-x}{|y|} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{x}{|y|} \right) \right) dy + \\ + \frac{pv}{4\pi\mu a} \int_0^y y \ln \left(\frac{(2a-x)^2 + y^2}{x^2 + y^2} \right) dy + \frac{px}{2\pi\mu} \int_0^y \frac{y dy}{x^2 + y^2}.$$

Вычисляя интеграл и полагая $0 < x < 2a$, получим

$$s = \frac{p(1-2\nu)(x-2a)}{4\pi\mu a} \left(\operatorname{arctg}\left(\frac{x}{y}\right) + \operatorname{arctg}\left(\frac{2a-x}{y}\right) + \frac{x}{2} \ln\left(\frac{x^2+y^2}{x^2}\right) + \right. \\ \left. + \frac{(2a-x)}{2} \ln\left(\frac{(2a-x)^2+y^2}{(2a-x)^2}\right) \right) - \\ - \frac{pv}{8\pi\mu a} \left(((2a-x)^2+y^2) \ln((2a-x)^2+y^2) - 2(2a-x)^2 \ln(2a-x) - \right. \\ \left. - (x^2+y^2) \ln(x^2+y^2) + 2x^2 \ln x \right) - \frac{px}{4\pi\mu} \ln\left(\frac{x^2+y^2}{x^2}\right). \quad (16)$$

Заметим, как и ранее, что $s(x, y)$ как функция от аргумента x разрывна в точках $x=0$ и $x=2a$, однако при $x \rightarrow 0$ $y \rightarrow 0$ и при $x \rightarrow 2a$, $y \rightarrow 0$ $s \rightarrow 0$, а при $y \rightarrow -\infty$ и $s \rightarrow -\infty$.

На рис. 12 приведены изолинии значений $2\mu s$ для глины и песка, построенные на основании формулы (16).

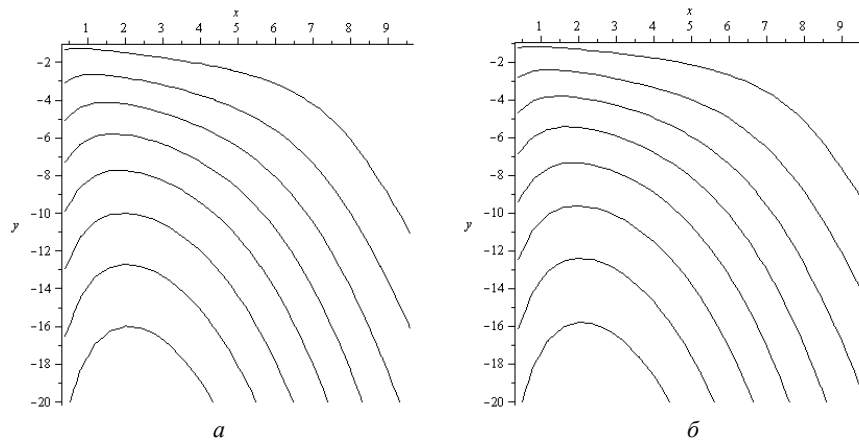


Рис. 12. Изолинии $2\mu s_y$: при $a = 5$, $p = 1$, $\nu = 0,42$ (глинистый грунт) (а); $a = 5$, $p = 1$, $\nu = 0,3$ (песчаный грунт) (б)

Как и ранее, составим таблицу значений $2\mu s$ для тех же типов грунтов.

Т а б л и ц а 3

Значения $2\mu s$ от действия вертикальной нагрузки, распределенной по закону треугольника $N_2(t)$ при $a = 1,5$; $\nu = 0,42$ (глинистый грунт); $p = 1$

y	x							
	0,0	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2	2,5
при $a = 1,5$; $\nu = 0,42$ (глинистый грунт); $p = 1$								
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,1	0,010	0,020	0,017	0,015	0,012	0,009	0,006	0,002
0,2	0,021	0,047	0,039	0,034	0,028	0,020	0,012	0,005

Окончание табл. 3

y	x							
	0,0	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2	2,5
0,3	0,034	0,078	0,066	0,057	0,046	0,032	0,019	0,007
0,5	0,063	0,139	0,126	0,111	0,090	0,061	0,036	0,011
0,7	0,095	0,196	0,187	0,169	0,140	0,095	0,055	0,016
1	0,144	0,274	0,274	0,256	0,219	0,152	0,088	0,027
1,5	0,227	0,389	0,401	0,389	0,346	0,252	0,152	0,056
<i>при a=1,5; v=0,3 (песчаный грунт); p=1</i>								
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,1	0,021	0,040	0,036	0,032	0,028	0,021	0,014	0,007
0,2	0,043	0,084	0,075	0,068	0,058	0,043	0,028	0,013
0,3	0,066	0,130	0,118	0,106	0,090	0,066	0,042	0,019
0,5	0,113	0,216	0,205	0,186	0,159	0,115	0,073	0,032
0,7	0,160	0,294	0,288	0,268	0,230	0,167	0,106	0,046
1	0,231	0,398	0,402	0,383	0,337	0,248	0,158	0,070
1,5	0,343	0,547	0,566	0,552	0,501	0,382	0,249	0,121

Обозначим значение вертикальной компоненты напряжения при нагрузке, распределенной по закону $N_1(t)$ в некоторой точке нижней полуплоскости с абсциссой x , где $0 \leq x \leq 2a$, через σ_y^I , а значение аналогичной компоненты при нагрузке, распределенной по закону $N_2(t)$ в той же точке нижней полуплоскости, через σ_y^II . Тогда значение $\sigma_y^I + \sigma_y^II$ в точке с абсциссой x эквивалентно значению компоненты вертикального напряжения σ_y в точке с абсциссой x при равномерно распределенной вертикальной нагрузке. Поскольку x может принимать любые значения из отрезка $0 \leq x \leq 2a$, то соотношение $\sigma_y = \sigma_y^I + \sigma_y^II$ выполняется для любого x из рассматриваемого отрезка. Те же рассуждения можно провести и для компонент горизонтального и касательного напряжения. Таким образом,

$$\sigma_x = \sigma_x^I + \sigma_x^II, \quad \sigma_y = \sigma_y^I + \sigma_y^II, \quad \tau_{xy} = \tau_{xy}^I + \tau_{xy}^II,$$

где $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ — компоненты напряжения при равномерно распределенной нагрузке, $\sigma_x^I, \sigma_y^I, \tau_{xy}^I$ — компоненты напряжения при нагрузке, распределенной по закону $N_1(t)$, $\sigma_x^II, \sigma_y^II, \tau_{xy}^II$ — компоненты напряжения при нагрузке, распределенной по закону $N_2(t)$. Действительно, складывая соответствующие компоненты напряжения, определенные по формулам (10) и (14), имеем

$$\sigma_x = -\frac{p}{\pi} \left(\arctg \left(\frac{x}{|y|} \right) + \arctg \left(\frac{2a-x}{|y|} \right) \right) + \frac{2pay \left((x-a)^2 - y^2 - a^2 \right)}{\pi \left(\left((x-a)^2 + y^2 - a^2 \right)^2 + 4a^2 y^2 \right)},$$

$$\sigma_y = -\frac{p}{\pi} \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{x}{|y|} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{2a-x}{|y|} \right) \right) - \frac{2pay \left((x-a)^2 - y^2 - a^2 \right)}{\pi \left(\left((x-a)^2 + y^2 - a^2 \right)^2 + 4a^2 y^2 \right)},$$

$$\tau_{xy} = \frac{4pa(x-a)y^2}{\pi \left(\left((x-a)^2 + y^2 - a^2 \right)^2 + 4a^2 y^2 \right)}. \quad (17)$$

Формулы (17) дают компоненты напряжения при равномерно распределенной нагрузке, определенной на отрезке $0 \leq x \leq 2a$. Эти формулы могут быть получены из формул (3) путем замены x на $x-a$, что означает переход от отрезка $-a \leq x \leq a$ к отрезку $0 \leq x \leq 2a$. Таким образом, равномерно распределенная нагрузка $N(t) = -p$ эквивалентна сумме треугольных нагрузок $N_1(t)$ и $N_2(t)$ в определенном выше смысле, заданных на отрезке $0 \leq x \leq 2a$.

Теперь, используя полученные выше решения для равномерно распределенной и линейной нагрузок, рассмотрим задачу о напряженном состоянии полуплоскости при одном типе трапециевидной нагрузки.

Рассмотрим полуплоскость Ox , загруженную полосовой нагрузкой, имеющей форму равнобокой трапеции (рис. 13).

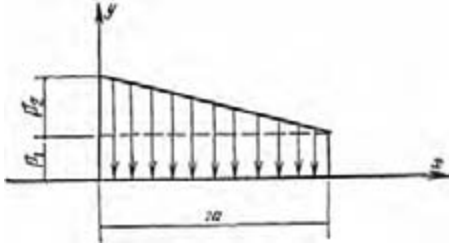


Рис. 13. Расчетная схема задачи

Пусть $N^*(t) = -p_1$ и $N^{**}(t) = -\frac{(p_1-p_2)}{2a}t - p_2$ при $0 \leq t \leq 2a$.

Компоненты напряжения при трапециевидной нагрузке есть сумма компонент напряжения от нагрузок, задаваемых по законам $N^*(t)$ и $N^{**}(t)$ на указанном

участке с учетом полученных выше решений.

Компоненты напряжения σ_x^1 , σ_y^1 , τ_{xy}^1 , соответствующие $N^*(t)$, определяются по формулам (17) с заменой p на p_1 . Имеем

$$\sigma_x^1 = -\frac{p_1}{\pi} \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{x}{|y|} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{2a-x}{|y|} \right) \right) + \frac{2p_1ay \left((x-a)^2 - y^2 - a^2 \right)}{\pi \left(\left((x-a)^2 + y^2 - a^2 \right)^2 + 4a^2 y^2 \right)},$$

$$\sigma_y^1 = -\frac{p_1}{\pi} \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{x}{|y|} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{2a-x}{|y|} \right) \right) - \frac{2p_1ay \left((x-a)^2 - y^2 - a^2 \right)}{\pi \left(\left((x-a)^2 + y^2 - a^2 \right)^2 + 4a^2 y^2 \right)}, \quad (17')$$

$$\tau_{xy}^1 = \frac{4p_1 a(x-a)y^2}{\pi \left(\left((x-a)^2 + y^2 - a^2 \right)^2 + 4a^2 y^2 \right)}.$$

Для получения компонент напряжения при нагрузке, линейно меняющейся согласно $N^{**}(t)$, запишем

$$N^{**}(t) = N_1^{**}(t) + N_2^{**}(t),$$

где $N_1^{**}(t) = -\frac{(p_1 - p_2)}{2a}t$, $N_2^{**}(t) = -p_2$ на участке $0 \leq t \leq 2a$. Тогда искомые

компоненты напряжения представляют собой сумму компонент напряжения, представленных формулами (10) с заменой p на $p_1 - p_2$, с соответствующими компонентами напряжения, представленными формулами (17) или (17') с заменой p или p_1 , соответственно, на p_2 . В результате имеем

$$\begin{aligned} \sigma_x^2 &= \frac{(p_1 - p_2)y}{2\pi a} \ln \left(\frac{(2a-x)^2 + y^2}{x^2 + y^2} \right) - \\ &\quad - \frac{(p_1 - p_2)x}{2\pi a} \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{2a-x}{|y|} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{x}{|y|} \right) \right) - \\ &\quad - \frac{(p_1 - p_2)y(2a-x)}{\pi((x-2a)^2 + y^2)} - \frac{p_2}{\pi} \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{x}{|y|} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{2a-x}{|y|} \right) \right) + \\ &\quad + \frac{2p_2 a y \left((x-a)^2 - y^2 - a^2 \right)}{\pi \left(\left((x-a)^2 + y^2 - a^2 \right)^2 + 4a^2 y^2 \right)}, \\ \sigma_y^2 &= -\frac{(p_1 - p_2)x}{2\pi a} \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{2a-x}{|y|} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{x}{|y|} \right) \right) + \frac{(p_1 - p_2)y(2a-x)}{\pi((x-2a)^2 + y^2)} - \\ &\quad - \frac{p_2}{\pi} \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{x}{|y|} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{2a-x}{|y|} \right) \right) - \frac{2p_2 a y \left((x-a)^2 - y^2 - a^2 \right)}{\pi \left(\left((x-a)^2 + y^2 - a^2 \right)^2 + 4a^2 y^2 \right)}, \\ \tau_{xy}^2 &= \frac{(p_1 - p_2)y^2}{\pi((x-2a)^2 + y^2)} + \frac{(p_1 - p_2)y}{2\pi a} \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{2a-x}{|y|} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{x}{|y|} \right) \right) + \\ &\quad + \frac{4p_2 a(x-a)y^2}{\pi \left(\left((x-a)^2 + y^2 - a^2 \right)^2 + 4a^2 y^2 \right)}. \end{aligned} \quad (18)$$

Как и ранее, для вычисления компоненты вертикальной деформации воспользуемся формулами (4), подставляя в них выражения для компонент напряжения из формул (17') и (18), т.е.

$$\varepsilon_y = \varepsilon_u + \varepsilon_l, \quad (19)$$

где

$$\varepsilon_u = -\frac{(p_1 + p_2)}{2\pi\mu} \left((1-2\nu) \left(\operatorname{arctg}\left(\frac{x}{|y|}\right) + \operatorname{arctg}\left(\frac{2a-x}{|y|}\right) \right) + \frac{2ay((x-a)^2 - y^2 - a^2)}{\left((x-a)^2 + y^2 - a^2\right)^2 + 4a^2y^2} \right),$$

является частью компоненты вертикальной деформации, соответствующей равномерной нагрузке, и

$$\varepsilon_l = \frac{(p_2 - p_1)}{4\pi\mu a} \left((1-2\nu)x \left(\operatorname{arctg}\left(\frac{x}{|y|}\right) + \operatorname{arctg}\left(\frac{2a-x}{|y|}\right) \right) - \frac{2ay(2a-x)}{(2a-x)^2 + y^2} + \nu y \ln\left(\frac{(2a-x)^2 + y^2}{(2a-x)^2}\right) \right),$$

являющейся частью компоненты вертикальной деформации, соответствующей треугольной пригрузке.

Подставляя выражение (19) в формулу (6) и интегрируя, получим формулу осадки при указанных выше нагрузках на участке $0 < x < 2a$. Имеем

$$s = s_u + s_l, \quad (20)$$

где

$$s_u = -\frac{(p_1 + p_2)(1-2\nu)}{2\pi\mu} \left(y \operatorname{arctg}\left(\frac{x}{y}\right) + y \operatorname{arctg}\left(\frac{2a-x}{y}\right) + \frac{x}{2} \ln\left(\frac{x^2 + y^2}{x^2}\right) + \frac{2a-x}{2} \ln\left(\frac{(2a-x)^2 + y^2}{(2a-x)^2}\right) \right) - \frac{(p_1 + p_2)}{2\pi\mu} \left(\frac{x}{2} \ln\left(\frac{x^2 + y^2}{x^2}\right) + \frac{2a-x}{2} \ln\left(\frac{(2a-x)^2 + y^2}{(2a-x)^2}\right) \right) -$$

осадка, соответствующая равномерно распределенной нагрузке, и

$$s_l = \frac{(p_2 - p_1)(1-2\nu)x}{4\pi\mu a} \left(y \operatorname{arctg}\left(\frac{x}{y}\right) + y \operatorname{arctg}\left(\frac{2a-x}{y}\right) + \frac{x}{2} \ln\left(\frac{x^2 + y^2}{x^2}\right) + \frac{2a-x}{2} \ln\left(\frac{(2a-x)^2 + y^2}{(2a-x)^2}\right) \right) - \frac{(p_2 - p_1)\nu}{8\pi\mu a} \left((2a-x)^2 + y^2 \right) \ln((2a-x)^2 + y^2) - 2(2a-x) \ln(2a-x) - (x^2 + y^2) \ln(x^2 + y^2) + 2x^2 \ln x + \frac{(p_2 - p_1)(2a-x)}{4\pi\mu} \ln\left(\frac{(2a-x)^2 + y^2}{(2a-x)^2}\right) -$$

осадка, возникающая за счет треугольной пригрузки.

На рис. 14 приведены изолинии значений $2\mu\epsilon_y$ для глины и песка, построенные на основании формулы (20).

В заключение отметим, что путем создания комбинаций из полученных решений можно получить выражения для компонент напряжений и перемещений для других типов полосовых нагрузок.

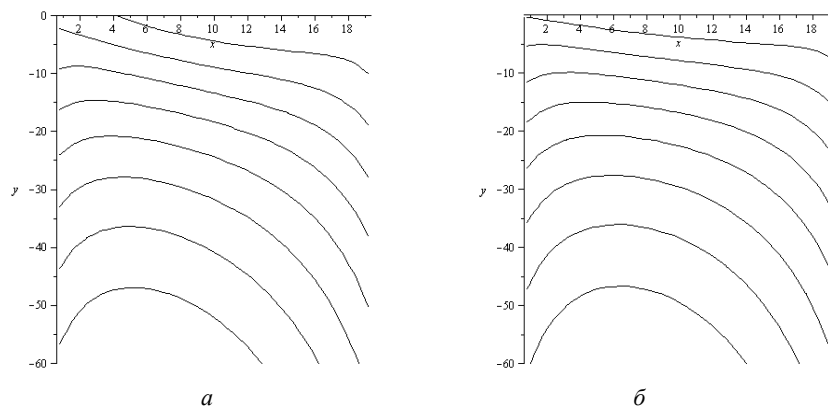


Рис. 14. Изолинии $2\mu\epsilon_y$: при $a = 5$, $p = 1$, $\nu = 0,42$ (глинистый грунт) (а); $a = 5$, $p = 1$, $\nu = 0,3$ (песчаный грунт) (б)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кушнер С.Г. Расчет деформаций оснований зданий и сооружений. Запорожье : ИПО «Запорожье», 2008.
2. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. Л. : Стройиздат, 1988.
3. Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс). М. : Высш. шк., 1983.
4. Мусхелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М. : Наука, 1966.
5. Michell J.H. The inversion of plane stress // London Math. Soc. 1902. V. 34.
6. Колосов Г.В. Об одном приложении теории функций комплексного переменного к плоской задаче математической теории упругости. Юрьев, 1909.
7. Kolossoff G. Über einige Eigenschaften des ebenen Problems der Elastizitätstheorie // Ztschr. f. Math. u. Phys. 1914. Bd. 62.
8. Иванов П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений. М. : Высш. шк., 1985.
9. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения. М. : Стройиздат, 1985.
1. Kushner S.G. Raschet deformatsiy osnovaniy zdaniy i sooruzheniy. Zaporozhie : IPO «Zaporozhie», 2008.
2. Dalmatov B.I. Mekhanika gruntov, osnovaniya i fundamenti. L. : Stroyizdat, 1988.
3. Tcitovich N.A. Mekhanika gruntov (kratky kurs). M. : VSh, 1983.
4. Mushelishvili N.I. Nekotoryye osnovnyye zadachi matematicheskoy teorii uprugosti. M. : Nayka, 1966.
5. Michell J.H. The inversion of plane stress // London Math. Soc. 1902. V. 34.
6. Kolosov G.V. Ob odnom prilozhenii teorii funktsiy kompleksnogo peremennogo k ploskoy zadache matematicheskoy teorii uprugosti. Uriev, 1909.
7. Kolossoff G. Über einige Eigenschaften des ebenen Problems der Elastizitätstheorie // Ztschr. f. Math. u. Phys., Bd. 62, 1914.
8. Ivanov P.L. Grunty i osnovaniya gidrotehnicheskikh soorujeniy. M. : Visshaya shkola, 1985.
9. Spravochnik proektirovshika. Osnovaniya, fundamenti i podzemnyye sooruzheniya. M. : Stroyizdat, 1985.

© Богомолов А.Н., Ушаков А.Н., Богомолова О.А., 2010

Поступила в редакцию в августе 2010 г.

УДК 624.131.524

А.Н. Богомолов, Я.В. Качурин, О.А. Богомолова, И.В. Якименко, А.В. Соловьев

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И ОСАДОК ОСНОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПЯТИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ НЕЗАГЛУБЛЕННЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА МЕЛКОРАЗМЕРНЫХ МОДЕЛЯХ

Приведены результаты экспериментальных исследований по определению предельно допустимой нагрузки на песчаное основание системы пяти параллельных незаглубленных фундаментов и их сопоставление с теоретическими данными, полученными авторами на основе использования методов теории функций комплексного переменного.

К л ю ч е в ы е с л о в а: несущая способность, предельно допустимая нагрузка, осадки основания, система параллельных незаглубленных ленточных фундаментов, мелкоразмерные модели, эксперимент.

Experimental results inherently the maximum safe load on the sand base of five parallel unsunk foundations and their correlation with theoretical evidence obtained based on using methods of complex variable theory are presented.

К е у w o r d s: carrying force, maximum safe load, yielding of foundation, parallel unsunk girder foundations, small-size model, experiment.

Для проведения экспериментальных исследований использован прямоугольный лоток, стенки которого толщиной 30 мм выполнены из прозрачного органического стекла. Размеры лотка 100×800×600 мм ($b \times l \times h$).

В качестве материала модели грунтового основания использован среднезернистый воздушно-сухой песок плотного сложения. Плотность грунта $\rho = 17,5 \text{ кН/м}^3$; плотность частиц грунта $\rho_s = 22,6 \text{ кН/м}^3$; пористость $e = 0,530$; естественная влажность $W = 0,16 \dots 0,22$; удельное сцепление $C = 0$; угол внутреннего трения: $\varphi = 43^\circ$.

Испытания проведены для моделей системы пяти параллельных незаглубленных фундаментов. Модель отдельного фундамента представляет собой деревянный брус сечением 20×27 мм и длиной $L = 100 \text{ мм}$. Брусья укладывались параллельно друг другу на подготовленное горизонтальное основание, а поверх них укладывалась распределительная балка сечением 50×50 мм. Расстояния между соседними моделями фундаментов принимались равными соответственно $\Delta d = 0; 2; 4; 8 \text{ мм}$.

Нагрузка на модели системы пяти параллельных фундаментов создается гидравлическим домкратом. Измерение ее величины проведено при помощи тарированного образцового динамометра сжатия. В качестве силовой рамы используются элементы поперечной рамы испытательной машины МФ-1. Измерение деформаций грунтового основания производится прогибомерами — мессурами М-1 и М-2. Принципиальная схема, ее геометрические размеры и общий вид испытательной установки показаны на рис. 1—3.

Эксперименты проводились в следующей последовательности. Сначала испытательный лоток заполняется песком с послойным уплотнением его до величины плотности $\rho = 1,75 \text{ г/см}^3$, контроль которой производится иглой-плотномером. Затем проводится установка моделей на поверхность песчаного основания; установка подкладок, динамометра и нагрузочного устройства

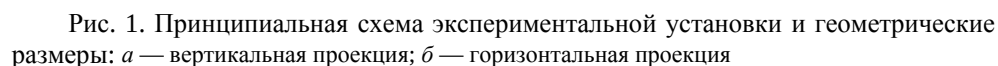


Рис. 2 (вверху). Общий вид испытательной установки: нагружение проводится гидравлическим домкратом, измерение усилия — динамометром ДС-5, измерение деформаций — индикаторами часового типа



Рис. 3 (справа). Схема расположения измерительных приборов и нагружающего устройства на экспериментальной установке

Затем проводится нагружение моделей статической нагрузкой с величиной шага нагружения 100 кг, снятие показаний по приборам проводится при окончании каждого десятого шага нагружения, причем за начало отсчета принято показание измерительных приборов при величине нагрузки, равной 0.

Нагружение моделей проводится до наступления неустойчивого состояния и полного исчерпания несущей способности грунта, при котором происходит выпор грунта по краям модели. Нагрузка, при которой наступает предельное состояние грунта, фиксируется по динамометру.

На каждой ступени нагружения проводится фотографирование моделей и наблюдения за деформациями песчаного основания через прозрачные стенки лотка.

После проведения испытаний проводится зарисовка эскизов, фотографирование моделей и построение графических зависимостей вида нагрузка — осадка.

На рис. 4 в качестве примера приведена фотография модели системы фундаментов при условии, что $\Delta d_2 = 4$ мм, в момент потери устойчивости основанием.

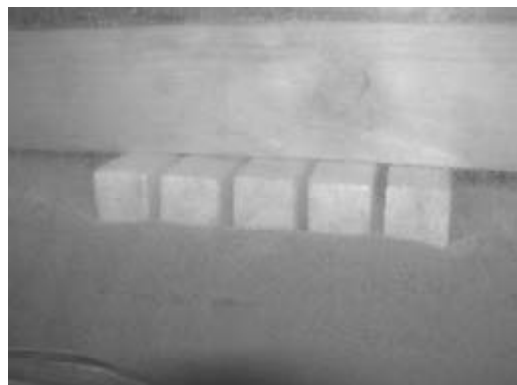


Рис. 4. Фотография модели системы фундаментов при $\Delta d_2 = 4$ мм в момент потери устойчивости основанием

Этот момент характеризуется резким увеличением осадки и появлением характерного для момента выпора, выступающего выше уровня основания грунтового гребня.

В табл. 1 приведены усредненные результаты четырех серий из восьми экспериментов по определению деформаций и предельно допустимых нагрузок на грунтовое основание системы моделей пяти параллельных ленточных фундаментов.

Т а б л и ц а 1

Результаты измерения деформаций грунтового основания при испытании модели системы фундаментов при $\Delta d = 0$

Нагрузка, кг	Мессура М-1		Мессура М-2		Примечание
	отсчет, мм	приращение, (деформация), мм	отсчет, мм	приращение, (деформация), мм	
1	2	3	4	5	6
0	11,60	0	11,03	0	
100	10,34	1,26	9,77	1,26	
200	9,04	2,56	8,36	2,67	
300	7,24	4,36	6,30	4,73	
370	3,64 (11,51)	7,96	1,97 (11,03)	9,06	
370 (const)	3,60	15,70	6,22	13,87	Нагрузка при выдерживании 15 мин падает до 308 кг
$\Delta d = 2$ мм					
1	2	3	4	5	6
0	11,60	0	11,05	0	
100	10,97	0,63	9,83	1,22	
200	9,92	1,68	8,38	2,67	
300	8,53	3,07	6,69	4,36	

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
393	6,23	5,37	4,12	6,93	Начало деформаций ползучести грунта. Нагрузка падает до 370 кг, деформация растет
400	3,84	7,76	2,0 (10,0)	9,05	Нагрузка падает до 370 кг, деформация растет
400 (const)	0,44	11,16	6,00	13,05	Нагрузка падает до 370 кг, деформация растет
<i>при $\Delta d = 4$ мм</i>					
0	11,59	0	11,02	0	
100	10,16	1,43	9,67	1,35	
200	8,53	3,06	8,30	2,72	
300	6,41	5,18	6,42	4,60	
400	1,47 (11,55)	10,12	3,11 (11,04)	7,91	
408	10,29	11,38 (2,26)	8,98	9,97 (2,06)	
416	8,12	13,55 (4,43)	7,16	11,79 (2,71)	Нагрузка падает до 392 кг, деформация растет
<i>при $\Delta d = 8$ мм</i>					
0	11,59	0	11,02	0	
100	10,95	0,64	9,86	1,16	
200	9,85	1,74	8,49	2,53	
300	7,86	3,73	6,25	4,77	
400	6,03	5,56	2,11 (11,02)	8,91	
408	4,13	7,46	9,79	10,14	
416	1,82 (11,59)	9,77	8,11	11,82	
424	9,29	12,07	6,94	12,99	Нагрузка при выдерживании падает до 408 кг, деформация растет

На рис. 5 приведены графические зависимости осадки системы пяти параллельных незаглубленных ленточных фундаментов от величины прикладываемого усилия, которые построены на основании усредненных данных, приведенных в таблице.

На рис. 6 и 7 и в табл. 1 приведены результаты расчета величины коэффициента запаса устойчивости K и глубины развития областей пластических деформаций в основании модели системы пяти параллельных незаглубленных ленточных фундаментов при $\Delta d = 0,2d = 4$ мм, выполненных по программам [1], в которых формализованы методики построения наиболее вероятной поверхности выпора и построения областей пластических деформаций [2—3].

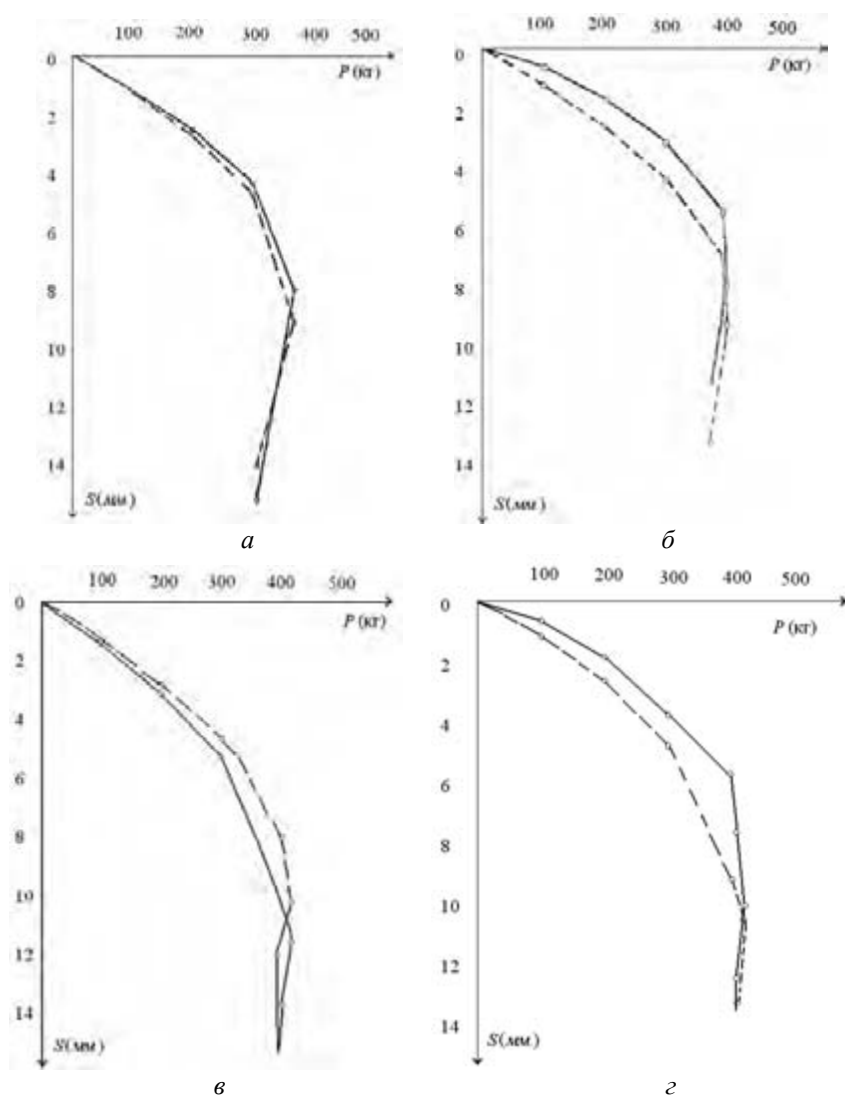


Рис. 5. Графические зависимости вида $S = f(P)$ для системы пяти фундаментов при Δd , мм: 0 (а); 2 (б); 4 (в); 8 (г)

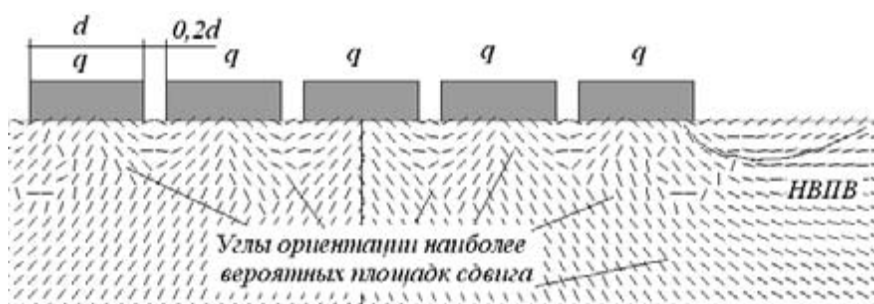


Рис. 6. Расчетная схема МТФКП модели системы пяти параллельных незаглубленных фундаментов, углы ориентации наиболее вероятных площадок сдвига и наиболее вероятная поверхность выпора ($K=1,09$) при $\Delta d = 0,2d$

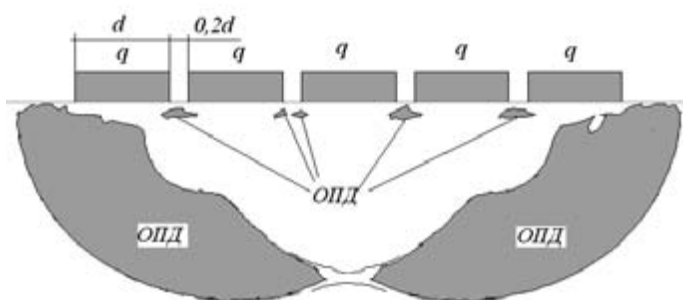


Рис. 7. Области пластических деформаций в момент потери основанием устойчивости ($P = 440$ кг) при $\Delta d = 0,2d$

Т а б л и ц а 2
Результат вычисления величины коэффициента запаса устойчивости модели основания

№	X	Z	α	F удер	F сдвиг	σ_x	σ_z	τ_{xz}
1	1,740	-0,030	28,672	0,040	0,003	0,046	0,040	-0,002
2	1,710	-0,046	26,090	0,061	0,007	0,073	0,060	-0,004
3	1,680	-0,061	23,945	0,080	0,013	0,098	0,077	-0,007
4	1,650	-0,074	21,890	0,097	0,020	0,124	0,091	-0,012
5	1,620	-0,086	19,800	0,111	0,028	0,148	0,103	-0,017
6	1,590	-0,097	17,613	0,123	0,038	0,173	0,112	-0,025
7	1,560	-0,107	15,273	0,133	0,048	0,197	0,120	-0,033
8	1,530	-0,115	12,749	0,139	0,060	0,221	0,125	-0,044
9	1,500	-0,122	9,984	0,141	0,073	0,245	0,128	-0,057
10	1,470	-0,127	6,918	0,138	0,086	0,267	0,129	-0,072
11	1,440	-0,131	3,464	0,130	0,098	0,288	0,128	-0,089
12	1,410	-0,133	-0,517	0,115	0,107	0,308	0,125	-0,109
13	1,380	-0,132	-5,287	0,092	0,111	0,325	0,121	-0,132
14	1,350	-0,129	-11,581	0,057	0,100	0,339	0,114	-0,157
15	1,320	-0,123	-11,589	0,039	0,121	0,349	0,105	-0,184
16	1,290	-0,117	-0,767	0,089	0,217	0,358	0,101	-0,221
17	1,260	-0,117	-24,125	0,000	0,096	0,366	0,124	-0,279
18	1,230	-0,103	-31,391	0,000	0,051	0,354	0,133	-0,327
19	1,200	-0,085	-39,950	0,000	0,013	0,323	0,162	-0,380
20	1,170	-0,060	-49,703	0,000	0,070	0,248	0,246	-0,424
21	1,140	-0,025	-49,178	0,000	0,143	0,108	0,477	-0,270

Площадь эпоры удерживающих сил: 0,0469007

Площадь эпоры сдвигающих сил: 0,0429428

Коэффициент устойчивости: 1,0921685

Из приведенных данных видно, что в момент потери основанием устойчивости области пластических деформаций почти полностью сомкнуты, а величина коэффициента запаса устойчивости основания $K = 1,09$.

Следует отметить, что изображенные на рис. 6 и 7 картины соответствуют интенсивности распределенной нагрузки q , эквивалентной величине разрушающего усилия $P = 368$ кг, что составляет 86,8 % от зафиксированного в эксперименте. Отметим, что аналогичные результаты были получены нами и ранее [4].

На рис. 8 приведены графики зависимости величины предельно допустимой нагрузки на основание системы моделей пяти параллельных незаглубленных ленточных фундаментов от величины расстояния между ними, построенные по экспериментальным данным (см. табл. 1) (а), и по результатам

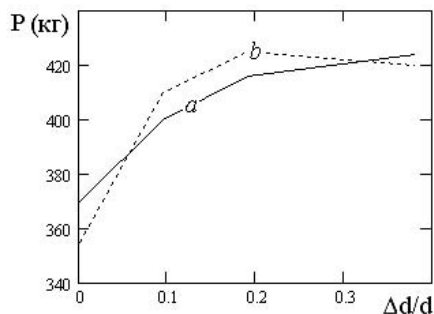


Рис. 8. Графики зависимости вида $P = f(\Delta d / d)$, построенные по экспериментальным (а) и расчетным данным (б)

вычислений, проведенных при помощи пакета компьютерных программ ASV32 [1] (б).

На основании сопоставления экспериментальных и расчетных данных можно заключить, что результаты расчетов несущей способности оснований, выполненных при помощи компьютерной программы [1], дают результаты, с достаточной степенью точности совпадающие с данными экспериментов, полученных на мелкоразмерных моделях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богомолов А.Н., Вихарева О.А., Редин А.В. Пакет прикладных компьютерных программ ASV32 для исследования устойчивости грунтовых массивов // Город, экология, строительство : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Каир, 1999. Волгоград : ВолгАСА, 1999.

2. Цветков В.К. Расчет устойчивости откосов и склонов. Волгоград : Ниж.-Волж. кн. изд-во, 1979.

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

4. Экспериментальные исследования несущей способности основания системы пяти параллельных незаглубленных фундаментов / А.Н. Богомолов, И.В. Якименко, Я.В. Качурин и др. // Городские агломерации на оползневых территориях : материалы V Междунар. конф. по геотехнике. Волгоград : ВолгАСУ, 2010.

1. Bogomolov A.N., Vihareva O.A., Redin A.V. Paket prikladnykh komp'uternykh programm ASV32 dlya issledovaniya ustoychivosti gruntovykh massivov // Gorod, ekologiya, stroitel'stvo : materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Kair, 1999. Volgograd : VolgGASA, 1999.

2. Tsvetkov V.K. Raschet ustoychivosti otkosov i sklonov. Volgograd : Nizh.-Volzh. kn. izd-vo, 1979.

3. Bogomolov A.N. Raschet nesushchey sposobnosti osnovaniy sooruzheniy i ustoychivosti gruntovykh massivov v uprugoplastichnoy postanovke. Perm : PGTU, 1996.

4. Bogomolov A.N. Experimentalnyye issledovaniya nesushchey sposobnosti osnovaniya sistemy pyati parallelnykh nezaglublennykh fundamentov / A.N. Bogomolov, I.V. Yakimenko, Ya.V. Kachurin i dr. // Gorodskiy aglomeratsii na opolznevyykh territoriyakh : materialy V Mezhdunar. konf. po geotekhnike. Volgograd : VolgGASU, 2010.

© Богомолов А.Н., Качурин И.В., Богомолова О.А., Якименко И.В., Соловьев А.В., 2010

Поступила в редакцию
в октябре 2010 г.

УДК 624.153.522:001.291.52

А.Н. Богомолов, С.И. Евтушенко, В.Н. Пухур

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ПЕРЕКРЕСТНО-ЛЕНТОЧНОГО ФУНДАМЕНТА НА МОДЕЛЯХ

Предложена эффективная конструкция сборных ленточных фундаментов под сетку колонн каркасных зданий и экспериментально обоснована ее работоспособность путем исследования совместной работы гипсовых моделей фундаментов с песчаным основанием. Приведены: значения критических нагрузок, графики развития напряжений в грунте во всем интервале нагружения.

К л ю ч е в ы е с л о в а: ленточный фундамент, перекрестно-ленточный фундамент, каркасные здания, песчаные основания.

The efficient construction of precast girder foundation under the column grid frame buildings proposed and its performance proved experimentally by analysis combined action of plaster models of foundations with a sand base. Critical crippling loads and schedules of the stresses in the soil over the entire range of loading are presented.

Key words: girder foundation, cross-girder foundation, frame buildings, sand bases.

В последнее десятилетие при строительстве новых объектов возрастает доля сплошных монолитных фундаментных плит в объеме работ нулевого цикла. Это объясняется возведением жилищно-гражданских зданий высотой 25 и более этажей и сооружений башенного типа на монолитных фундаментных плитах в сложных инженерно-геологических условиях. В то же время монолитные плиты трудо- и материалоемки и увеличивают сроки возведения сооружений. Индустриальные методы строительства, при которых здания являются полносборными, привели к необходимости замены монолитных фундаментов на сборные.

Авторами предложена эффективная конструкция сборных перекрестно-ленточных фундаментов под сетку колонн каркасных зданий и экспериментально обоснована ее работоспособность путем исследования совместной работы гипсовых моделей фундаментов с песчаным основанием.

В ходе работы выполнены экспериментальные исследования совместной работы сборных перекрестно-ленточных фундаментов под сетку колонн и песчаного основания, получены экспериментальные данные о несущей способности моделей, схемы излома элементов и эпюры контактных напряжений в песчаном основании, необходимые для построения методики расчета.

Экспериментальные исследования работы сборных фундаментов проводились в два этапа. На данном этапе проведено три серии по два опыта с гипсовыми моделями. При этом учитывались полученные А.Ю. Мурзенко [1] критерии подобия натурных конструкций и гипсовых моделей по показателю гибкости, определяемому по М.И. Горбунову-Посадову [2]. Модель представляет собой фрагмент сборного перекрестно-ленточного фундамента из гипса в масштабе 1:25, которая собиралась из отдельных блоков и имела в плане размеры 672 × 672 мм.

В первой серии опытов элементы сборного фундамента не армировались. Во второй серии опытов моделировалось влияние жестких связей между бло-

ками (таких, как, например, сварка закладных деталей) на несущую способность и другие параметры работы моделей. Для этого в неармированных блоках в стыках сборных элементов сверлились отверстия диаметром 2 мм, глубиной 30...35 мм. Затем в эти отверстия вставлялась стальная проволока диаметром 1,6 мм на клею ПВА, в который в пропорции 1:2 добавлялся сухой гипс. Жесткие вставки вставлялись перпендикулярно сторонам элементов сборного фундамента и препятствовали их взаимному смещению по вертикали и частично повороту относительно друг друга. Вдоль каждой стороны блоков вставлялось по 3 вставки. Сборка моделей осуществлялась до опыта.

В третьей серии опытов модели армировались стальной проволокой диаметром 1,6 мм с насечками. Блоки армировались четырьмя стержнями с шагом 25 мм и четырьмя стержнями в перпендикулярном направлении. Блоки между собой соединялись вставками по аналогии с опытами второй серии.

Модели фундамента испытывались на песчаном основании в лотке машины МФ-1. Нагрузка на модель передавалась одним домкратом ступенями по 4 кН через специальную нагрузочную траверсу с 9 колоннами, расположенными по квадратной сетке с шагом 240×240 мм. Для измерения нормальных контактных давлений в контактном слое устанавливались 10 месдоз МК-37 и 3 месдозы конструкции Г.Е. Лазебника с пределами измерения от 0 до 0,5 МПа. Месдозы укладывались следующим образом: 9 штук под всеми колоннами, две — в середине пролетов между крайней и средней, одна — в середине пролетов между центральной и крайней колоннами. Для получения усилий, передаваемых каждой колонной, между моделью и колоннами нагрузочной траверсы устанавливали 5 месдоз МК-54 с пределами измерения от 0 до 1 МПа. Для измерения прогибов в 18 фиксированных точках устанавливались закрепленные на жесткой раме индикаторы часового типа. Измерения прогибов проводилось в I и III четвертях с дублированием в симметричных точках. Осадки модели измерялись прогибомером ПАО-6, а на диаграммном аппарате машины МФ-1 вычерчивался график зависимости осадки от нагрузки.

Эпюра нормальных контактных давлений имеет волнообразную форму. Максимальные значения эпюры находятся в местах действия усилий, т.е. под колоннами, а в серединах пролетов под сборным элементом второго типа эпюра имеет наименьшие значения. Эти результаты полностью подтвердились в различных опытах. На рис. 1 приведены графики развития нормальных контактных напряжений в фиксированных точках с ростом нагрузки (опыт 1 1-й серии). Как видно из графиков, на первых степенях нагружения до $0,3P_{пр}$ напряжения под всеми колоннами практически равны между собой и несколько превосходят среднее давление под моделью. Таким образом, налицо перераспределение напряжений под подошвой модели. На первых двух ступенях напряжения под центральной колонной меньше, чем под остальными колоннами, но при дальнейшем увеличении нагрузки они начинают интенсивно расти. Медленнее всего растут напряжения под угловой колонной, и при нагрузке $0,9P_{пр}$ напряжения под колоннами относятся как $\sigma_{ц} : \sigma_{кр} : \sigma_{уг} = 0,19 : 0,13 : 0,084 = 1 : 0,68 : 0,44$.

На последней ступени нагружения напряжения под крайними и угловыми колоннами растут незначительно и даже немного понижаются. Это связано с выпором грунта.

Опыт 5 3-й серии проводился в два этапа. Развитие нормальных контактных давлений анализировалось на первом этапе при нагружении до 48 кН. До нагрузки 32 кН, что соответствует $0,3P_{пр}$, напряжения под крайними и угловыми колоннами и в промежутке между ними практически были равны между собой. Это очень хорошо соответствует результатам опытов, однако напряжения под центральной колонной более чем в два раза превосходят напряжения под остальными колоннами. При дальнейшем нагружении на втором этапе напряжение под колоннами начинает возрастать, а в промежутке между колоннами падать. Эта нагрузка соответствует моменту появления первых трещин. В дальнейшем при нагрузке $0,9P_{пр}$ напряжения под колоннами уже относятся как $\sigma_{ц}:\sigma_{кр}:\sigma_{уг} = 0,65:0,56:0,52 = 1:0,86:0,8$. Таким образом, напряжения под крайними и угловыми колоннами в основании армированных гипсовых моделей при нагрузках $0,9P_{пр}$ распределены самым равномерным образом. Напряжения в промежутке между колоннами ничтожно малы и составляют 0,1 МПа, т.е. приблизительно в шесть раз меньше напряжений под колоннами ($0,15\sigma_{ц}$).

В первых двух сериях опытов для всех испытанных моделей характерным явилось то, что элементы между собой не замоноличивались. После их объединения в единую конструкцию создавалась пространственная жесткость составного перекрестно-ленточного фундамента, и его элементы начинали работать как статически неопределимая конструкция. Опыты показали, что сборная модель фундамента обладает большой распределительной способностью и «живучестью». В работе моделей фундаментов можно выделить следующие стадии: до появления трещин; появление трещин в отдельных элементах; образование линий излома фундамента в отдельных пролетах и во всем фундаменте в целом. В таблице приведены значения предельных разрушающих нагрузок.

Первые трещины в сборных элементах в 1-м опыте появляются при нагрузке 6...8 кН, что соответствует переходу работы модели во вторую стадию. Трещины чаще всего появляются в середине пролета между колоннами в перпендикулярном сечении. В неармированных элементах происходило появление в основном по одной трещине, перпендикулярной пролету, между колоннами, и лишь у некоторых основная трещина разветвлялась. При нагрузке 16 кН начали развиваться линии излома. При нагрузке 28 кН сборная фундаментная лента разделилась линиями излома, проходящими посередине пролетов между колоннами. Но и после разделения модели фундамента линиями излома она продолжает нести нагрузку. Подобная схема излома с образованием девяти дисков была получена и для модели сплошной монолитной плиты [3]. Это подтверждает работоспособность разработанной конструкции сборного составного перекрестно-ленточного фундамента. Схемы трещинообразования отдельных элементов модели показаны на рис. 2.

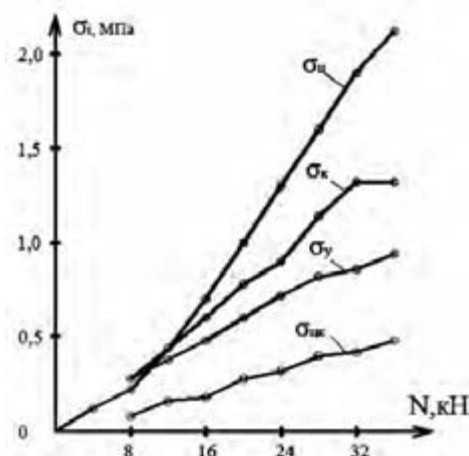


Рис. 1. Контактные напряжения, опыт 1

Характеристика моделей и предельные нагрузки

Серия опытов	№ опыта	Разрушающая нагрузка, кН	Общая осадка $S_{пр}$, мм
1	1	37,00	8,42
	2	37,20	8,48
2	3	36,00	7,58
	4	36,20	6,49
3	5	76,00	12,10/13,53
	6	86,40	13,56

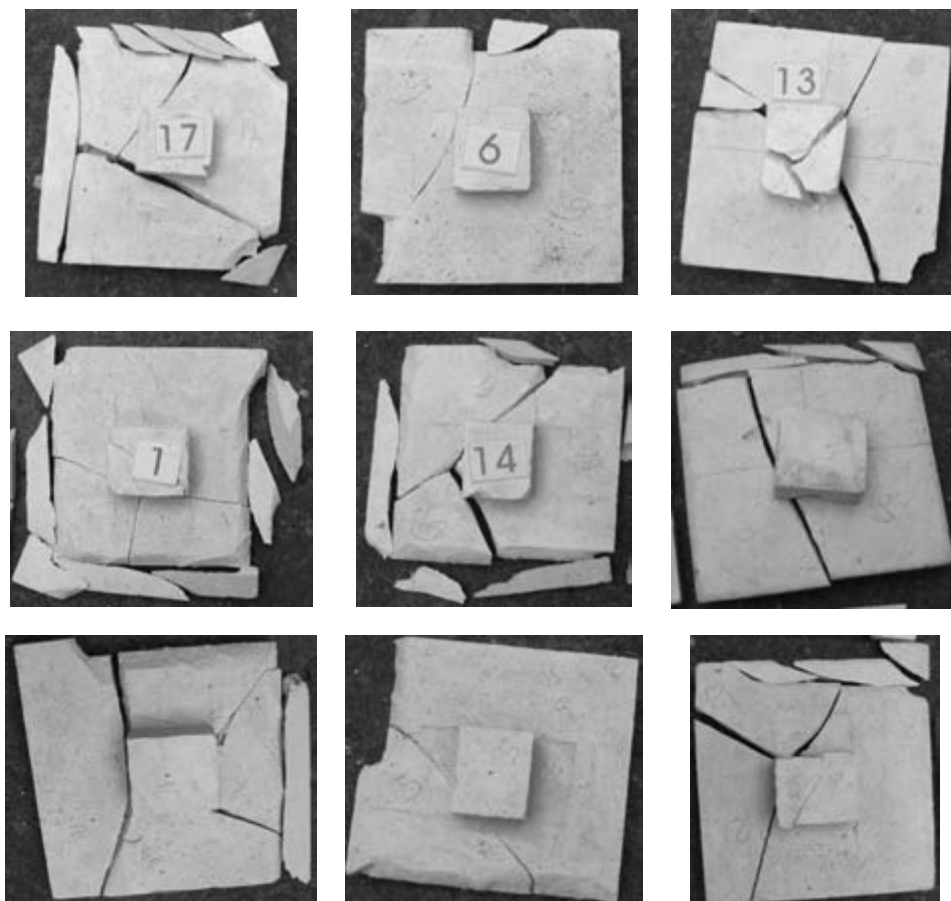


Рис. 2. Схема излома сборных элементов фундамента

Отметим, что принципиального отличия усилия, передаваемые центральной, крайней и угловой колоннами на фрагмент фундамента, не имеют. Суммарное усилие в колоннах, измеренное месдозами, отличается от усилия, приложенного к фундаменту во 2-м опыте, не более чем на 10 %, а в 5-м опыте — не более чем на 5 %. Величины усилий, передаваемых колоннами, не равны, их соотношения при нагрузке 36 кН во 2-м опыте составляют $P_{ц}:P_{кр}:P_{уг} = 7,14:3,88:2,63 = 1,00:0,54:0,37$, а в 5-м $P_{ц}:P_{кр}:P_{уг} = 5,20:3,88:3,15 = 1,00:0,77:0,61$. Более равномерное распределение усилий в колоннах в 5-м опыте отчасти является следствием армирования блоков и более равномерной передачи давлений на основание. Усилия в крайних колоннах отличаются в

этих двух опытах незначительно. В то же время в пятом опыте по сравнению со вторым весьма существенно, до 27 %, снизилась концентрация усилия в центральной колонне и до 20 % возросли усилия в угловых колоннах. Следовательно, усилия, передаваемые каждой колонной, с ростом нагрузки возрастают не прямо пропорционально, что является следствием перераспределения усилий между элементами фундамента в процессе нагружения.

Выводы. 1. Перекрестно-ленточный фундамент имеет высокую пространственную жесткость за счет распора, превращающего его в статически неопределимую систему. Это увеличивает способность перераспределения усилий в грунте и материале фундамента, т.е. повышает «живучесть» конструкции.

2. Симметрия конструкции позволяла в каждом из опытов изучать работу четырех симметричных квадрантов модели и основания. Это позволило получить схемы излома и изучить работу средних и краевых элементов с 8-кратной повторностью, а угловых — с 4-кратной.

3. В качестве мер повышения надежности и улучшения условий работы перекрестно-ленточного фундамента и для получения достоверных результатов расчета предлагается:

учет влияния обратной засыпки грунта, что приведет к более благоприятной работе краевой зоны и некоторому увеличению нагрузки на угловые и краевые колонны;

устройство рабочего стыка между блоками с целью увеличения жесткости перекрестно-ленточного фундамента из сборных элементов и улучшения работы фундамента на изгиб.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мурзенко А.Ю., Галашев Ю.В., Шматков В.В. Экспериментальные исследования железобетонных ребристых фундаментных плит и песчаного основания // Проектирование и строительство объектов на пойменно-намывных и заболоченных территориях БССР : тезисы докл. Республ. науч.-техн. конф., Гомель, 28—29 мая 1981 г. Минск, 1981. С. 110.

2. Горбунов-Посадов М.И., Маликова Т.А., Соломин В.И. Расчет конструкций на упругом основании. М. : Стройиздат, 1984. 679 с.

3. Политов С.И., Мурзенко Ю.Н., Цесарский А.А. Экспериментальные исследования работы железобетонных фундаментных плит под сетку колонны // Экспериментально-теоретические исследования процессов упругопластического деформирования оснований и фундаментов : межвуз. сб. Новочеркасск : НПИ, 1980. С. 73—81.

1. Murzenko A.Yu., Galashev Yu.V., Shmatkov V.V. Eksperimental'nyye issledovaniya zhelezobetonnykh rebristyykh fundamentnykh плит i peschanogo osnovaniya // Proektirovaniye i stroitel'stvo obyektov na poymenno-namyvnykh i zabolochennykh territoriyakh BSSR : tezisy dokl. Respubl. nauch.-tekhn. konf., Gomel, 28—29 maya 1981 g. Minsk, 1981. S. 110.

2. Gorbunov-Posadov M.I., Malikova T.A., Solomin V.I. Raschet konstruktsiy na uprugom osnovanii. M. : Stroyizdat, 1984. 679 s.

3. Politov S.I., Murzenko Yu.N., Tsesarskiy A.A. Eksperimental'nyye issledovaniya raboty zhelezobetonnykh fundamentnykh плит pod setku kolonny // Eksperimental'no-teoreticheskiye issledovaniya protsessov uprugoplasticheskogo deformirovaniya osnovaniy i fundamentov : mezhvuz. sb. Novocherkassk : NPI, 1980. S. 73—81.

© Богомолов А.Н., Евтушенко С.И., Пихур В.Н., 2010

Поступила в редакцию
в октябре 2010 г.

УДК 550.837

А.М. Саламов, Ф.Г. Габибов, О.А. Богомолова

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРАВОМ БЕРЕГУ МИНГЕЧАУРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА МЕТОДАМИ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

Впервые на основе геофизических исследований на площади работ были выявлены разнонаправленные разрывные нарушения, которые образовались в результате тектонических движений. Сделано предположение, которое в дальнейшем подтвердилось, что разрывные нарушения являются бровками будущих оползней. В результате геофизических исследований установлено, что литологический состав грунтов, слагающих геологический разрез, в основном сложен из глин, песчанистых глин и глин с прослойками крупнозернистых слабоцементированных песков. Мониторинговые наблюдения показали, что выявленные изменения физических параметров грунтов являются предвестниками активизация оползневых процессов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: геофизика, электроразведка, оползень, водохранилище, берег, метод, процесс, грунт, скольжение.

For the first time based on geophysical investigations over a area of work were identified multi-directional fissures, which are developed caused by tectonic movements. It is suggested that in the following confirmed, that the fissures are the edges of future landslides. Caused by of geophysical investigations have established that lithological composition of soils, composing the geologic profile, is generally expressed by argils, doabs and argilstreaky coarse-grained slightly cemented sands. Monitoring observations testified that the identified changes in the physical parameters of grounds are harbingers of activation of soil slips.

K e y w o r d s: geophysics, electrical exploration, landslide, water reservoir, bank, mean, process, ground, soil, launching.

В результате строительства гидроэлектростанции и создания возможности орошения засушливых земель на территории Азербайджанской Республики, на р. Кура образовалось Мингечаурское водохранилище объемом воды 16,0 млн м³. Территория водохранилища относится к Куринской сейсмической зоне [1].

Через некоторое время после завершения строительства на склоне Боздагского хребта, который ограничивает водохранилище с юга, началась активизация экзогенных геологических процессов (ЭГП): оврагообразования, размывания берегов водохранилища и оползневых процессов береговых склонов.

Анализ результатов проведенных исследований показывает, что активизация оползневых процессов на склоне горы косвенно связана с сейсмическими условиями.

В климатическом отношении район исследований характеризуется жарким летом и умеренной зимой.

Гипсометрические абсолютные отметки на склоне горы меняются в пределах 75,0...270,0 м.

Так как Мингечаурское водохранилище в экономике республики играет значительную роль, исследование динамики развития оползневых процессов является актуальным.

Площадь геофизических исследований составляет 0,16 км² и расположена на правобережной части водохранилища, на склоне горы Боздаг (рис. 1).

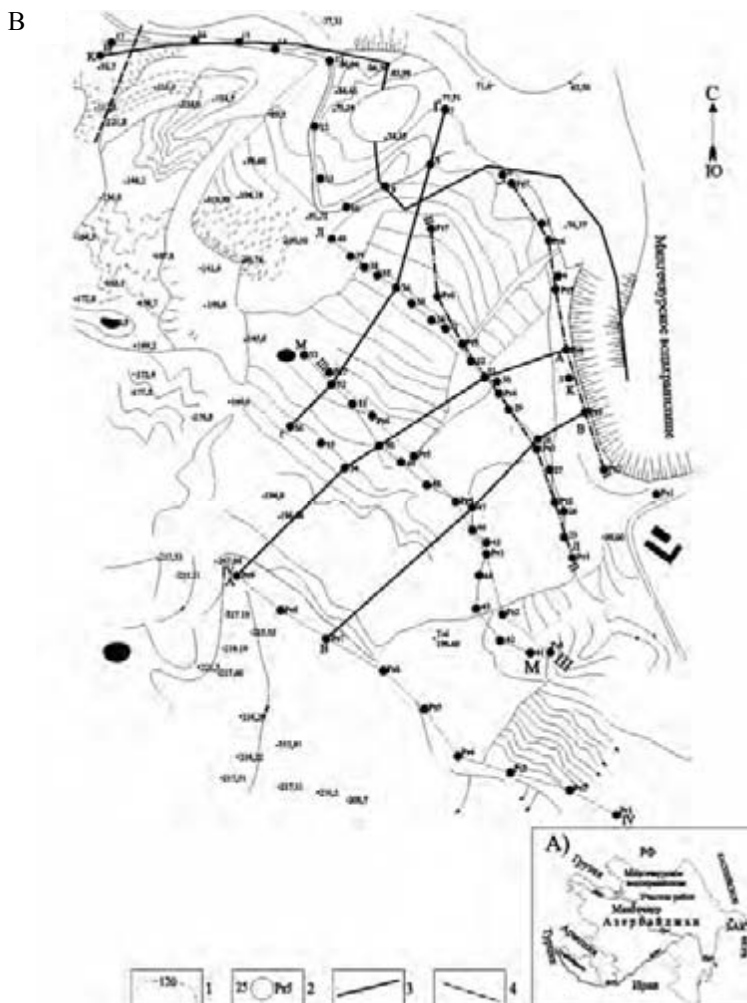


Рис. 1. Схема геодезических исследований территории: А — участок геофизических работ; В — схема расположения геофизических профилей: 1 — изогипсы высот; 2 — номера точки ВЭЗ — рядовых и Рт — режимных; 3 — профили комплексных геофизических исследований методом ВЭЗ, ЭП и ЕП (Пр. В-В, А-А, Г-Г, К-К, М-М и Л-Л.); 4 — профили мониторинговых исследований (Пр. I-I, II-II, III-III и IV-IV)

Цели настоящих исследований: литологическое расчленение геологического разреза до глубины 40,0 м; выявление разрывных нарушений и глубины залегания плоскости скольжения оползней; определение предполагаемых физических параметров грунтов, слагающих участок исследований; прогнозирование оползней на основе мониторинговых наблюдений; выработка рекомендаций противооползневых мероприятий.

Чтобы оценить склонность участка исследований к оползневым процессам, проводились опытные электроразведочные исследования методами вертикального электрического зондирования (ВЭЗ), электропрофилирования (ЭП) и естественного поля (ЕП).

Геологическое строение. Геологическое строение Куринской депрессии формировалось в результате интенсивных тектонических движений в четвер-

тичном периоде. С целью изучения действия этих движений Куринской депрессии в 1926—1937 гг. проводились нивелировочные работы, в результате чего было установлено, что в этот период произошло понижение поверхности территории на 46 мм.

На первый взгляд геологическое строение района исследований представляется простым. Но в результате проведенных работ установлено, что площадь характеризуется очень сложным геологическим строением. Анализ литературных и фондовых материалов показал, что Боздагский хребет, имеющий северо-западное простирание в районе Мингечаурского водохранилища, является крупной антиклинальной структурой [1]. Геологическое строение района в результате тектонических движений подвергалось дизъюнктивным и пликативным процессам, что подтверждается наличием в складках многочисленных трещин и их деформированностью.

На площади геофизических исследований в основном широко развиты глины, песчанистые глины апшеронского возраста. Покровные отложения четвертичного возраста сложены из древних оползневых масс. Литологический состав современной оползневой массы состоит из глин, глинистых песчаников, песчанистых глин и слабоцементированных крупнозернистых песков.

Инженерно-геологические и гидрогеологические условия района исследований. На исследуемой площади работ инженерно-геологические исследования начались с 1939 г. В результате проведенных работ 1970 г. специалистами ВНИИГ были установлены негативные факторы, активизирующие оползневые процессы на склоне. В 1973 г. инженерно-геологические, топографические и гидрогеологические работы на склоне проводили сотрудники института «Бакгидропроект». В 1984—1985 гг. сотрудниками того же института повторно проводились исследовательские работы и была установлена активизация ЭГП. В результате работ, проведенных в 1977—1986 гг. специалистами Азербайджангеологии, на склоне горы Боздаг были выявлены многочисленные потенциальные участки оползневых процессов, береговых эрозий и карстов.

Гидрогеологические условия района исследований характеризуются отсутствием грунтовых вод в четвертичных отложениях. Это объясняется тем, что коренные породы в верхней части площади исследований в основном представлены глинами, которые препятствуют проникновению атмосферных осадков в геологическую среду [2].

Как известно, формирование оползневых процессов связано с многочисленными факторами [3]. Также установлено, что на площади исследования на активизацию оползней влияют такие факторы, как крутизна склона, возможности суффозного карстообразования, периодическое увлажнение и смывание нижней части склона водой, срезание нижней части склона для прокладки дорог и другие антропогенные воздействия на склон. В связи с этим каждое новое оползневое явление охватывает больший участок по сравнению с предыдущим.

Методика исследований. В отличие от стандартной методики, для детального выявления оползневой структуры исследуемого слоя количество измерений на одной точке наблюдения авторы увеличили в три раза (ВЭЗ), а при использовании методов ЭП и ЕП шаг измерений принимался равным 5 м.

Полевые работы проводились в два этапа. На первом этапе по всей площади исследования вышеназванными методами проводились по профилям В-

В, А-А, Г-Г, К-К, М-М и Л-Л. В результате был выявлен предполагаемый участок активизаций оползневого процесса.

На втором этапе на оползнеопасном участке был налажен геофизический мониторинг и в течение трех лет каждый месяц методами ВЭЗ, ЭП и ЕП проводились измерения по профилям I-I, II-II, III-III и IV-IV (см. рис. 1).

Метод ВЭЗ применялся с целью литологического расчленения геологического разреза до глубины 40,0 м; выявления глубины залегания плоскости скольжения и мощности оползневого тела; определения наличия разрывных нарушений; определения предполагаемых физических свойств грунтов.

Методом ЭП (АА'МNB'B) в двух глубинах изучалось кажущееся электрическое сопротивление грунтов и уточнялось местоположение, направление и падение разрывных нарушений.

Метод ЕП на площади исследований применялся для того, чтобы определить направление интеграции инфильтрационных вод, образовавшихся в результате атмосферных осадков и поступающих в геологическую среду по трещинам.

Геофизические исследования на площади работ на первом этапе проводились СВ – ЮЗ направлении по вышеназванным профилям, протяженность каждого из которых составляет примерно 350,0 м. На участке мониторинга длина профилей составляла 300...450 м, их направления близки СЗ-ЮВ.

Во время проведения полевых исследований на площади работ использовалась электроразведочная аппаратура ЭРА-В-ЗНАК.

Выводы. В результате проведенных исследований на площади выполняемых работ методами ВЭЗ, ЭП и ЕП на первом этапе литология геологического разреза участка впервые была с большой точностью детально расчленена до глубины 40 м, а также выявлены и прослежены разрывные нарушения, определены направления инфильтрационных вод и предполагаемые физические параметры грунтов.

В пределах исследуемой глубины интервал изменений вышеупомянутых параметров следующий: кажущееся электрическое сопротивление $\rho_k = 1,0...35,0$ Ом·м, удельное электрическое сопротивление $\rho_y = 5,0...38,0$ Ом·м, продольная проводимость отдельных слоев $\Pi = 0,03...0,562$ Сименс, глинистость $\Gamma = 14,6...48,4$ %, пористость $n = 15,0...49,0$ %, сила сцепления $C = 0,044...0,175$ МПа, пластичность $t = 13,8...22,0$ %, объемный вес грунта $V = 1,69...2,15$ т/м³, объемный вес скелета $V_c = 1,31...1,92$ т/м³, объемный вес грунта под водой $V_{п.в} = 0,75...1,52$ т/м³, естественная влажность $W_e = 13,0...47,2$ %, влажность полностью водоносных грунтов $W_b = 17,0...51,0$ %, полная влагоемкость $W_{пв} = 17,0...64,5$ %, коэффициент водонасыщения $K_{вн} = 0,55...0,83$.

Вышеназванные физические параметры грунтов, определенные по данным геофизических исследований подтвердились лабораторными исследованиями в пределах допустимой погрешности.

По составленным инженерно-геофизическим разрезам было установлено, что глубина залегания линии скольжения меняется от бровки до языковой части в пределах от 2,0 до 12,0 м. Геологический разрез в основном сложен из глин, песчаных глин и глин с прослойками крупнозернистых слабоцементированных песков (рис. 2).

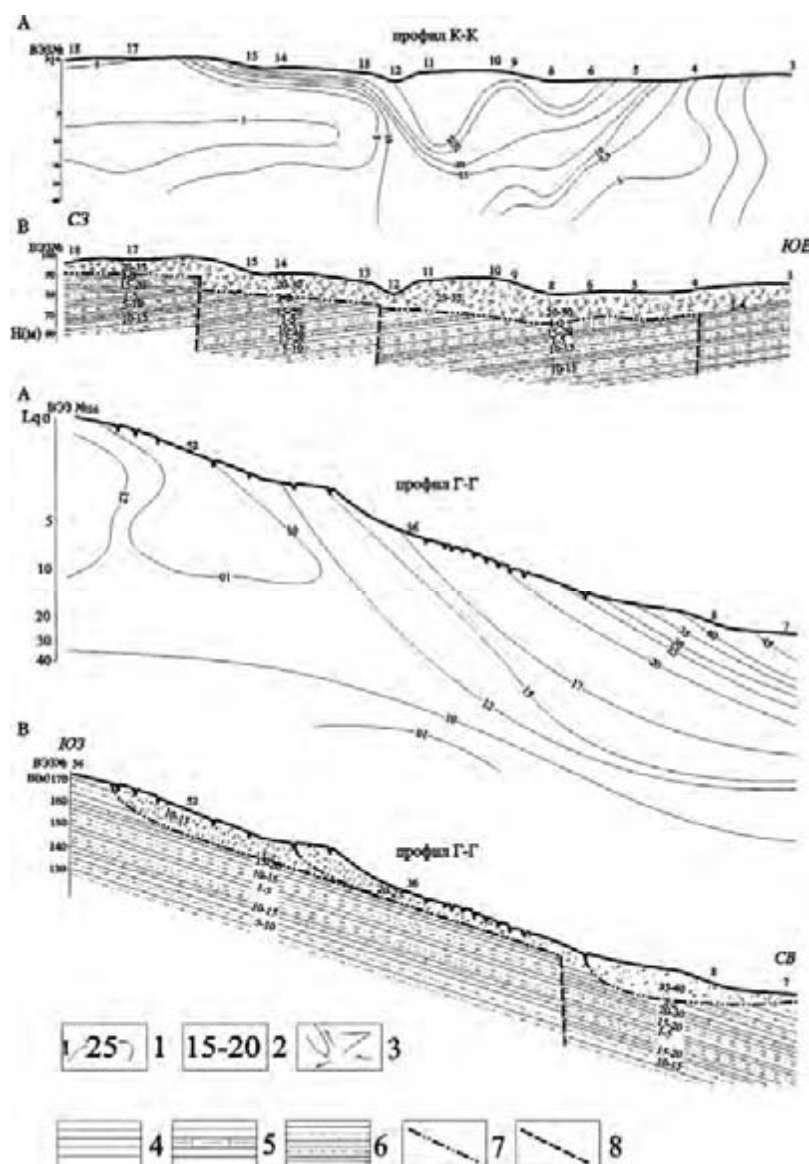


Рис. 2. Разрезы по профилям К-К, Г-Г, составленные в результате проведенных исследований методом ВЭС: А — вертикальный разрез кажущегося электрического сопротивления; В — инженерно-геофизический разрез: 1 — кажущегося электрического сопротивления грунтов; 2 — удельные электрические сопротивления пород; 3 — технический грунт; 4 — глины; 5 — глины с прослойками крупнозернистых слабоцементированных песков; 6 — песчанистые глины; 7 — предполагаемая плоскость скольжения, выявленная по данным метода ВЭС; 8 — предполагаемые разрывные нарушения по данным методов ВЭС, ЭП

Мощность отдельных литологических разновидностей составляет от 1,5 до 5,0 м, а мощность плоскости скольжения меняется в пределах 1,0...2,0 м, и тип оползня определяется как инсеквентный.

В результате геофизических исследований на площади работ выявлены и прослежены ранее неизвестные разнонаправленные разрывные нарушения (рис. 3).

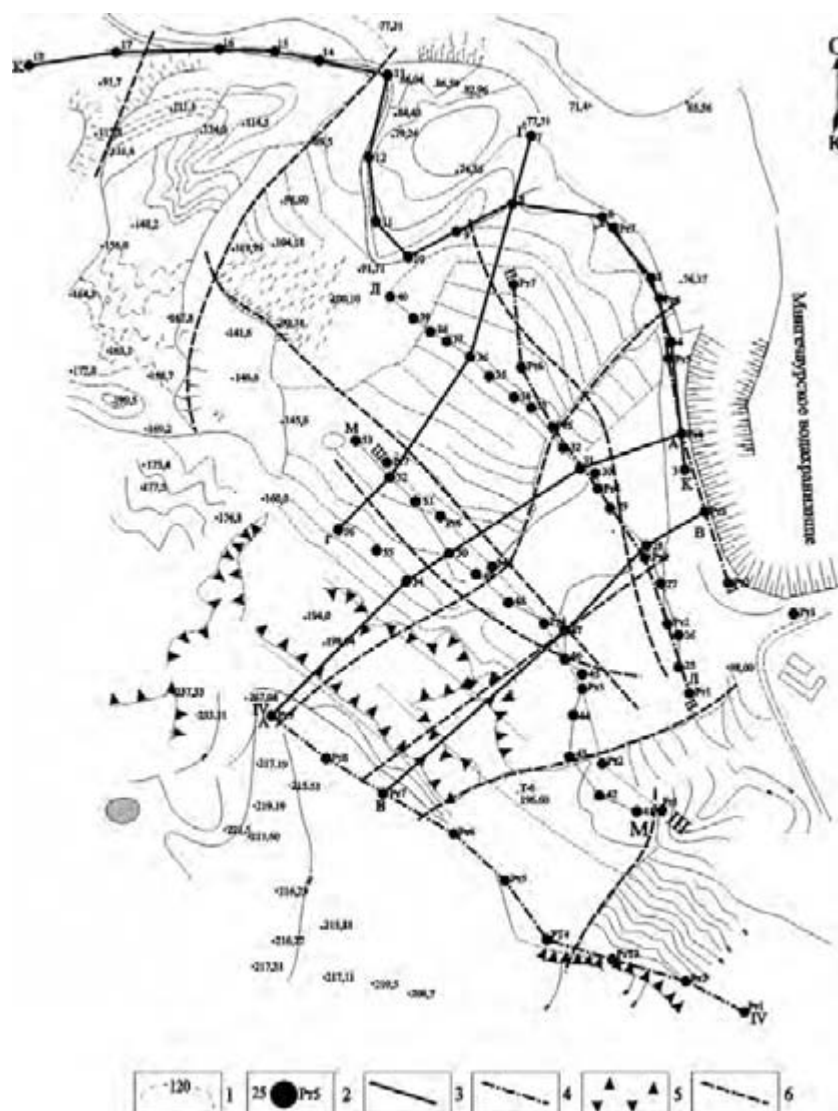


Рис. 3. Схема расположения геофизических профилей и результаты исследований: 1 — изогипсы высот; 2 — точки ВЭЗ и их номера; 3 — профили геофизических исследований; 4 — мониторинговые профили; 5 — бровки оползней; 6 — выявленные предполагаемые разрывные нарушения по результатам геофизических исследований

Предполагалось, что эти нарушения являются бровками будущих оползней, что и подтвердилось со временем [4].

Как отмечалось ранее, в течение трех лет каждый месяц на оползневом участке методами ВЭЗ, ЭП и ЕП по вышеназванным профилям проводились мониторинговые наблюдения. В результате анализа полученных материалов выявлено изменение предполагаемых физических полей во времени. Каждый год, начиная с января по май, в теле оползня наблюдалось снижение кажущегося электрического сопротивления пород. На участке исследования по топографическим реперам реальные подвижки не зафиксированы. В мае 1998 г. произошло уменьшение кажущегося электрического сопротивления пород,

слагающих тело оползня, достигло двухкратного размера, и в конце июня на участке произошел оползень. Примерно такие же явления наблюдались в 1999 и 2000 гг.

С учетом этих факторов прогнозировалась активизация оползневых процессов на участке исследования, что и нашло свое подтверждение в июле 1999 г. и в августе 2000 г. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что для данного участка наряду с другими факторами значительное уменьшение кажущегося электрического сопротивления пород является предвестником оползневого явления.

Исследования и инженерные расчеты показали, что наиболее эффективными противооползневыми мероприятиями для исследуемого оползнеопасного участка являются поверхностный водоотвод, противооползневые свайные сооружения и противозрозионные габионные или железобетонные покрытия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алиев Ф.Ш. Экзогенные геологические процессы на территории Азербайджанской Республики, методы их изучения и принципы прогноза. Баку : Чашыоглы, 2002. 207 с.
2. Изучение оползней геофизическими методами / Н.Н. Горянов, А.Н. Боголюбов, Н.М. Варламов и др. М. : Недра, 1987. 157 с.
3. Султанова З.З. Ощутимые землетрясения Азербайджана. Баку : ЭЛМ, 1982. 65 с.
4. Страхов В.А. Геологическое строение Мингечаурской горловины (предварительный отчет). Баку : ТГФ, 1939. 76 с.
5. Саламов А.М. Применение электроразведочных методов при изучении оползневых процессов (на примере Баыловского оползневого участка г. Баку и окрестных территории Мингечаурского водохранилища) : автореф. дис. Баку : Изд-во Ин-та геологии НАН Азербайджана : Nafta-Press, 2008. 26 с.

1. Aliev F.Sh. Ekzogennyye geologicheskiye protsessy na territorii Azerbaydzhanskoy Respubliki, metody ikh izucheniya i printsipy prognoza. Baku : Chashiogly, 2002. 207 s.
2. Izucheniye opolzney geofizicheskimi metodami / N.N. Goryanov, A.N. Bogolyubov, N.M. Varlamov i dr. M. : Nedra, 1987. 157 s.
3. Sultanov Z.Z. Oshutimyye zemletryaseniya Azerbaydzhana. Baku : ELM, 1982. 65 s.
4. Strakhov V.A. Geologicheskoye stroeniye Mingechaurskoy gorloviny (predvaritel'nyy otchet). Baku : TQF, 1939. 76 s.
5. Salamov A.M. Primeneniye elektrorazvedochnykh metodov pri izuchenii opolznevyykh protsessov (na primere Bailovskogo opolzneвого uchastka g. Baku i okrectnykh territoriy Mingechaurskogo vodokhranilishcha) : avtoref. dis. Baku : Izd-vo Instituta geologii NAN Azerbaydzhana : Nafta-Press, 2008. 26 s.

© Саламов А.М., Габибов Ф.Г., Богомолова О.А., 2010

Поступила в редакцию
в августе 2010 г.

УДК 334.75

Л.В. Муравьева

КРИТЕРИИ РАЗРУШЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Описаны модели разрушения подземных трубопроводов при сейсмическом воздействии. Основные варианты разрушений подземных магистральных трубопроводов, наблюдаемые при сейсмических воздействиях, проявляются в виде разрывов газопровода вследствие больших продольных напряжений, местной потери устойчивости стенки газопровода, гофрообразования по телу трубы, общей потери устойчивости газопровода. Проведено исследование сейсмостойкости магистрального газопровода по критериям и моделям разрушений подземных трубопроводов при сейсмическом воздействии согласно требованиям ASCE и СТО Газпрома.

К л ю ч е в ы е с л о в а: подземный трубопровод, критерий разрушения, форма потери устойчивости, критерии ASCE, сейсмические воздействия.

Breakout patterns of subterranean lines by earthquake load are described. Basic variants for the destruction of transit pipelines by earthquake loads are showed as pipeline breaks due to high axis stresses, wrinkling walls of the pipeline, puckering on barrel of pipe, general buckling of the pipeline. The study of seismic resistance gas transmission pipeline on the criteria and models of destruction of subterranean lines by earthquake load in accordance with the ASCE- and Gazprom-standards are understood.

K e y w o r d s: subterranean line, failure criterion, mode of buckling, ASCE-criterions, earthquake load.

Основные варианты разрушений подземных магистральных трубопроводов, наблюдаемые при сейсмических воздействиях, проявляются в виде разрывов газопровода вследствие больших продольных напряжений, местной потери устойчивости стенки газопровода, гофрообразования по телу трубы, общей потери устойчивости газопровода.

При небольшом заглублении подземных трубопроводов деформации потери устойчивости (в виде арки выпучивания) могут проявиться и после землетрясения при отрывке трубопроводов для снижения сжимающих продольных напряжений.

Местная потеря устойчивости стенки газопровода (местное смятие) происходит при общем изгибе газопровода в зоне действия сжимающих продольных напряжений.

Местная потеря устойчивости реализуется как деформация стенок трубы. После появления местного смятия (гофрообразования) оболочки все дальнейшие геометрические искажения, вызванные деформацией грунта и распространением сейсмической волны, имеют тенденцию концентрироваться в месте смятия. В результате образующиеся большие искривления в стенке трубы приводят к ее разрушению и утечке продукта. Это общий вариант разрушения стального трубопровода.

На основании лабораторных испытаний тонкостенных цилиндров Холл и Ньюмарк (1977) установили, что максимальные деформации растяжения в металлических трубопроводах не должны превышать 4 %, а началом гофрообразования в трубопроводах при сжатии можно рассматривать значение относительной деформации, определенной по соотношению

$$\varepsilon_{cr} = 0,175t / R, \quad (1)$$

где t — толщина стенки трубы; R — радиус.

Следовательно, согласно приведенным критериям разрушения в рекомендациях [1], началом появления локальных деформаций стенок трубы можно считать следующий диапазон относительных деформаций:

$$0,15t / R \leq \varepsilon_{cr} \leq 0,20t / R. \quad (2)$$

Деформации трубопровода при потере устойчивости (образование арки выпучивания) не приводят к его разрушению. В отличие от осевых деформаций растяжения-сжатия, потеря устойчивости в данном случае может быть рассмотрена как проблема эксплуатационной надежности, так как трубопровод может эксплуатироваться без остановок.

В этом смысле при образовании арки выпучивания трудно установить критерий отказа на основании характеристик самого трубопровода. Возникновение арки выпучивания зависит от нескольких факторов: изгибной жесткости и глубины заложения трубопровода, а также начальных неровностей траншеи.

Проблема потери устойчивости при действии положительной температуры транспортировки продукта актуальна и для подводных трубопроводов. В нормативной методике [1] рассмотрены вопросы определения сжимающих напряжений вследствие температурных воздействий и внутреннего давления, которые могут привести к потере устойчивости при учете начальных отклонении основания траншеи.

На рис. 1 приведена схема распределения сопротивления грунта до и после деформации трубопровода.

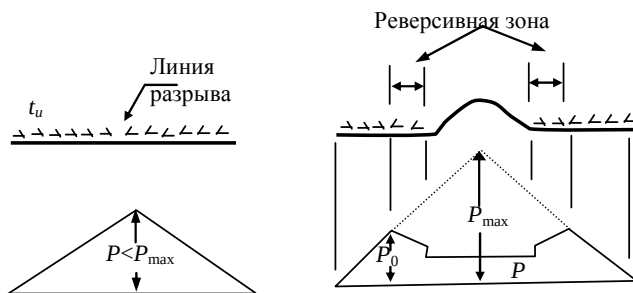


Рис. 1. Схема распределения продольного сопротивления грунта: t_u — предельное сопротивление грунта осевому смещению трубопровода

На схеме представлены зоны изменения направления сил сопротивления по обеим сторонам арки на концах.

Для отражения работы подземного трубопровода из сталей марки X52, 60, 70 и учета упругопластической работы конструкции в руководстве ASCE по расчету подземных трубопроводов на сейсмические воздействия рассматривается соотношение Рамберга и Осгуда. Данное соотношение рассматривает взаимосвязь между деформациями трубопровода ε и характеристиками трубной стали: пределом текучести σ_y и модулем деформации E :

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \left[1 + \frac{n}{1+r} \left(\frac{\sigma}{\sigma_y} \right)^r \right]. \quad (3)$$

С целью определения значений деформаций трубопровода от сейсмического воздействия силой 8 баллов рассмотрен линейный участок подземного газопровода с учетом следующих характеристик:

наружный диаметр трубы $D_n = 720$ см; толщина стенки $\sigma = 0,8$ см;
 транспортируемый продукт — газ, рабочее давление — 5,5 МПа;
 модуль упругости металла $E = 2,1 \cdot 10^7$ Н/см²; глубина прокладки трубопровода 1,5 м;

характеристики сейсмического воздействия: преобладающий период сейсмических колебаний $T = 1$ с, скорость распространения сейсмической волны $c = 250$ м/с, максимальное ускорение $a_c = 400$ см/с².

Окружающий трубопровод песчаный грунт характеризуется удельным весом $\gamma = 0,014$ Н/см², углом внутреннего трения $\varphi = 28^\circ$. Предельное сопротивление грунта продольным перемещениям трубопровода

$$t_u = 49 \text{ кН/м.}$$

Колебания частиц грунта вдоль продольной оси трубопровода изменяются по закону

$$u = u_0 \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{C} \right),$$

где u_0 — максимальная амплитуда колебаний частиц грунта; C — скорость сейсмической волны; T — период колебаний.

Относительные продольные деформации и деформации изгиба трубопровода определяются по формулам

$$|\varepsilon_x| = \left| 2\pi \frac{1}{CT} u_0 \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{C} \right) \right|; \quad (4)$$

$$|\varepsilon_{\text{и}}| = \left| 2\pi^2 \frac{1}{(CT)^2} D u_0 \cos \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{C} \right) \right|, \quad (5)$$

где D — наружный диаметр трубы.

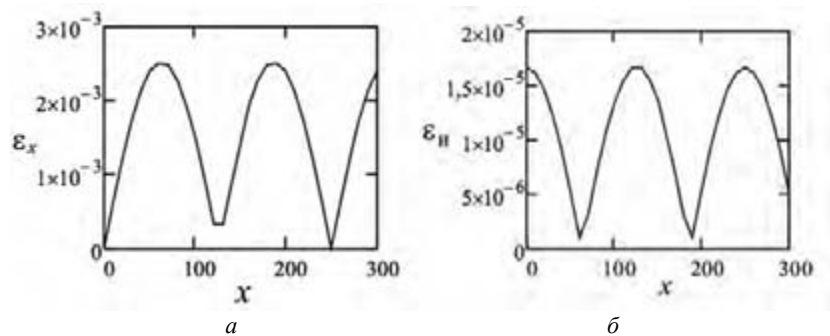


Рис. 2. Относительные продольные (а) и изгибные (б) деформации

Максимальная относительная продольная деформация от действия сейсмической волны составляет $\varepsilon_s = 2,508 \cdot 10^{-3}$.

Деформации от сейсмической нагрузки при работе материала труб в упругой стадии следует суммировать с деформациями от эксплуатационных нагру-

зок (изменения температуры, давления и др.), учитывая, что все перемещения от давления и температуры уже реализовались до приложения сейсмических нагрузок.

Тогда деформации от действия внутреннего давления и температурного режима транспортировки продукта будут соответственно $\varepsilon_p = 3,682 \cdot 10^{-4}$, $\varepsilon_t = 3,65 \cdot 10^{-4}$. Суммарная относительная деформация составит $\varepsilon_{all} = \varepsilon_s + \varepsilon_p + \varepsilon_t = 5,108 \cdot 10^{-3}$, пороговая относительная деформация до начала гофрообразования, по соотношению (1), $\varepsilon_c = 4,375 \cdot 10^{-3}$. Условие $\varepsilon_c \leq \varepsilon_{all}$ не выполняется, и для предотвращения деформаций необходимо увеличить толщину стенки трубы до 12 мм (по сортаменту).

Осевые (продольные) деформации трубопровода пропорциональны скорости колебания частиц грунта в сейсмической волне, а деформация изгиба — ускорению колебаний частиц грунта в сейсмической волне. В то же время осевые деформации и деформации изгиба трубопровода обратно пропорциональны скорости распространения сейсмической волны соответственно в первой и во второй степенях. Поскольку $L_0 = CT \gg D$, влияние напряжений изгиба значительно меньше, чем влияние продольных напряжений, что подтверждается данными обследования трубопроводов, перенесших землетрясения.

Так как трубопровод представляет собой протяженную систему, состоящую из прямолинейных и криволинейных участков, то и при совпадении для какого-то начального участка направления распространения сейсмической волны с направлением продольной оси трубопровода при повороте трубопровода направление распространения сейсмической волны составит с осью трубопровода некоторый угол θ . В этом случае в (4) и (5) амплитуда смещения u_0 и длина волны L_0 должны быть заменены соответственно на $u_0 \sin \theta$, $u_0 \cos \theta$ и $L_0 / \sin \theta$, $L_0 / \cos \theta$.

Если до поворота продольной оси трубопровода действовали только продольные напряжения, то на участке, расположенном под некоторым углом к первоначальному, эти напряжения уменьшатся, но возникнут дополнительные напряжения изгиба. В этом случае

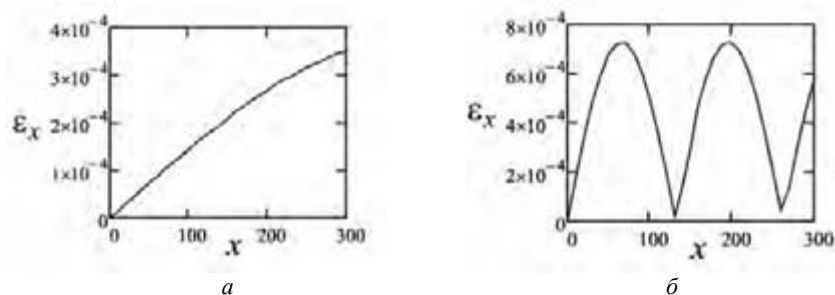
$$|\varepsilon_x| = \left| \frac{2\pi u_0}{CT} \sin \theta \cos \theta \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x \cos \theta}{C} \right) \right|; \quad (6)$$

$$|\varepsilon_{изг}| = \left| \frac{2\pi^2 u_0 D}{(CT)^2} \cos^3 \theta \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x \cos \theta}{C} \right) \right|. \quad (7)$$

Формулы (6) и (7) следует использовать при определении напряжений при чередовании криволинейных и прямолинейных участков трубопровода и на криволинейных участках. При этом каждый криволинейный участок заменяется системой прямолинейных, составляющих друг с другом определенный угол.

На рис. 3 приведены графики изменения относительных продольных деформаций для $\theta = 30^\circ$ и $\theta = 60^\circ$ соответственно.

В нормативных рекомендациях ASCE рассматриваются два варианта формирования трубопровода: 1) значение деформаций грунта является большим и напряжения в трубопроводе зависят от длины слабой зоны; 2) длина зоны воздействия оказывается больше и напряжения в трубопроводе зависят от его смещения.

Рис. 3. Относительные продольные деформации при θ , равном 30° (а) и 60° (б)

В случае рассмотрения упругой работы модели трубопровода протяженность зоны сопротивления грунта L_{em} определяется как $L_{em} = \alpha EA / t_u$, где t_u — сопротивление продольным перемещениям трубопровода (в рассматриваемом примере $L_{em} = 720$ м).

Для предотвращения местного смятия необходимо ограничивать уровень изгибных деформаций в сечении газопровода.

Согласно разработанному Газпромом стандарту для магистральных газопроводов [3] должны выполняться следующие условия ограничения как относительных, так и абсолютных значений изгибных деформаций:

$$\text{на стадии ПЗ } \frac{\varepsilon_{изг}}{\varepsilon_{Mmax}} \leq 0,90;$$

$$\text{на стадии МРЗ } \varepsilon_{изг} \leq 0,04 (4\%),$$

где $\varepsilon_{изг}$ — общая изгибная деформация; ε_{Mmax} — деформация, соответствующая максимуму на диаграмме изгибающий момент — изгибная деформация.

Для предотвращения гофрообразования необходимо, согласно [3], нормировать уровни осевых деформаций сжатия в газопроводе:

$$\frac{\varepsilon_{пр.N}}{\varepsilon_{гофр}} \leq [k_{гофр}],$$

где $\varepsilon_{пр.N}$ — осевая деформация сжатия; $\varepsilon_{гофр}$ — осевая деформация сжатия, при которой начинается гофрообразование; $[k_{гофр}]$ — относительная допустимая осевая деформация сжатия, которая принимается равной: 0,80 — для стадии ПЗ; 1,00 — для стадии МРЗ.

Согласно приведенным критериям расчет трубопровода, имеющего произвольное очертание оси, целесообразно производить по пространственным конечноэлементным моделям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ASCE Guidelines for the seismic design of oil and gas pipeline systems. 1984. 56 p.
2. Айнбиндер А.Б. Расчет магистральных газопроводов на прочность и устойчивость. М. : Недра, 1982. 344 с.
3. СТО Газпром 2-2.1-249-2008.
1. ASCE Guidelines for the seismic design of oil and gas pipeline systems. 1984. 56 p.
2. Aynbinder A.B. Raschet magistral'nykh gazoprovodov na prochnost' i ustoychivost'. М. : Nedra, 1982. 344 s.
3. STO Gazprom 2-2.1-249-2008.

Поступила в редакцию 12.09.10

© Муравьева Л.В., 2010

УДК 624.072.2:539.214

А.В. Старов**БОЛЬШИЕ ПРОГИБЫ ЖЕСТКОПЛАСТИЧЕСКИХ ПОЛОГИХ ОБОЛОЧЕК
ВРАЩЕНИЯ С ШАРНИРНО-НЕПОДВИЖНЫМ ОПИРАНИЕМ И ЖЕСТКИМ
ЗАЩЕМЛЕНИЕМ КРАЯ**

На основе модели жесткопластического тела разработаны метод, алгоритм и программа численной реализации физически и геометрически нелинейных задач квазистатического деформирования пологих оболочек вращения с шарнирно-неподвижным опиранием и жестким защемлением края.

К л ю ч е в ы е с л о в а: пологие оболочки вращения, квазистатическое деформирование, физически и геометрически нелинейные задачи.

In terms of perfect plastico-rigid body model is developed method, algorithm and program of the numerical implementation of physically and geometrically nonlinear problem of quasi-static deformation of shallow shells of rotation with hinged-fixed buttress and rigidly fixing edges.

K e y w o r d s : shallow shells of rotation, quasi-static deformation, physically and geometrically nonlinear problem.

Расчет пластин и оболочек с учетом физической и геометрической нелинейностей является актуальной задачей, позволяющей наиболее достоверно описать поведение конструкции, однако математические сложности численной реализации нелинейных краевых задач требуют введения дополнительных гипотез о характере напряженно-деформированного состояния.

В [1] и [2] рассмотрены вопросы построения системы разрешающих уравнений теории идеально пластических пологих оболочек вращения на основе модели жесткопластического тела с учетом больших прогибов в рамках теории Кармана.

Использование ассоциированного закона течения и дополнительных гипотез о распределении мембранных усилий, линеаризации поверхности текучести для оболочек со сплошным однослойным сечением [3] позволили получить аналитические решения в параметрическом виде.

Рассмотрим постановку задач квазистатического деформирования идеально пластических пологих оболочек вращения с шарнирно-неподвижным опиранием и жестким защемлением края под действием равномерно распределенной нагрузки, используя нелинейную поверхность текучести, построенную в [3]. Там же рассмотрены подобные задачи в геометрически линейной постановке на основе линеаризации поверхности текучести.

Уравнения равновесия для пологих оболочек в полярной системе координат в безразмерной записи имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} n_2 - \frac{\partial}{\partial \rho}(\rho n_1) &= 0; \quad \rho Q = m_2 - \frac{\partial}{\partial \rho}(\rho m_1); \\ \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho}(\rho Q) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} \left(\rho n_1 \frac{\partial w}{\partial \rho} \right) - P + 2n\xi &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Скорости деформаций и скорости изменения кривизны срединной поверхности определяются выражениями:

$$\begin{aligned}\dot{\varepsilon}_1 &= \frac{h^2}{4\rho_0^2} \left(\frac{\partial \dot{u}}{\partial \rho} + \frac{\partial \dot{w}}{\partial \rho} \frac{\partial w}{\partial \rho} + \dot{w} \xi \right); \quad \dot{\varepsilon}_2 = \frac{h^2}{4\rho_0^2} \left(\frac{\dot{u}}{\rho} + \dot{w} \xi \right); \\ \dot{\chi}_1 &= -\frac{h}{2\rho_0^2} \frac{\partial^2 \dot{w}}{\partial \rho^2}; \quad \dot{\chi}_2 = -\frac{h}{2\rho_0^2} \frac{1}{\rho} \frac{\partial \dot{w}}{\partial \rho}.\end{aligned}\quad (2)$$

Гиперповерхность текучести в пространстве n_1, n_2, m_1, m_2 для оболочек со сплошным однослойным сечением, учитывающая взаимовлияние изгибающих моментов и мембранных усилий, имеет вид [3]

$$m_1^2 - m_1 m_2 + m_2^2 + n_1^2 - n_1 n_2 + n_2^2 \pm (2n_1 m_1 + 2n_2 m_2 - n_1 m_2 - n_2 m_1) = 1. \quad (3)$$

Выражение (3) точно для оболочек с идеальным сечением и приближенно для однослойных оболочек. Вместо него можно использовать поверхность с максимальным отклонением от точного до 9 % [3]

$$m_1^2 - m_1 m_2 + m_2^2 + n_1^2 - n_1 n_2 + n_2^2 = 1. \quad (4)$$

В формулах (1)–(4) используются безразмерные координаты и переменные: $\rho = \bar{\rho}/\rho_0$ — радиус проекции произвольной точки срединной поверхности; $2\rho_0$ — диаметр опорного контура оболочки; $m_i = \bar{M}_i/\sigma_s h^2$ — изгибающие моменты; $n_i = \bar{N}_i/2\sigma_s h$ — мембранные силы; $w = 2\bar{w}/h$ — прогиб; $u = 4\bar{u}\rho_0/h^2$ — радиальное перемещение; $Q = \bar{Q}\rho_0/\sigma_s h^2$ — поперечная сила, $P = \bar{P}\rho_0^2/\sigma_s h^2$ — параметр нагрузки; σ_s — предел текучести материала; $2h$ — толщина оболочки; $\xi = 2\rho_0^2/Rh$ — параметр начальной кривизны срединной поверхности; R — радиус кривизны сферической или параболической оболочки; $i=1, 2$ — индексы радиального и окружного направления. Горизонтальная черта указывает на размерность соответствующей величины.

Граничные условия для шарнирно-неподвижного опирания края:

$$\begin{aligned}m_1(0) &= m_2(0), \quad Q(0) = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial \rho}(0) = 0, \\ m_1(1) &= 0, \quad w(1) = \dot{w}(1) = 0, \quad u(1) = \dot{u}(1) = 0.\end{aligned}$$

Граничные условия для жесткого защемления края:

$$\begin{aligned}m_1(0) &= m_2(0), \quad Q(0) = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial \rho}(0) = 0, \\ m_1(1) &= -m, \quad w(1) = \dot{w}(1) = 0, \quad u(1) = \dot{u}(1) = 0.\end{aligned}$$

Учет геометрической нелинейности целесообразен для пологих оболочек при отношении стрелы подъема в центре к толщине оболочки $f/2h < 6$. Стреле подъема, равной толщине оболочки, соответствует $\xi = 8$. Отсюда оп-

ределяется предельное значение параметра начальной кривизны срединной поверхности $\xi \leq 48$.

Условие пластичности (3) или (4) при стремлении изгибающих моментов к нулю и первое уравнение системы (1) имеют единственное решение $n_1 = n_2 = n = \text{const}$. С учетом того, что в процессе деформирования полая оболочка стремится к безмоментному напряженному состоянию, принимаем $n_1 = n_2 = n = \text{const}$. Поверхность текучести (4) представляется в виде

$$m_1^2 - m_1 m_2 + m_2^2 = 1 - n^2 = m^2. \quad (5)$$

Соотношения между скоростями изменения кривизны срединной поверхности на основании ассоциированного с условием пластичности закона течения имеют вид:

$$\frac{\dot{\chi}_1}{\dot{\chi}_2} = \frac{2m_1 - m_2}{2m_2 - m_1} = k; \quad m_2 = 0,5m_1 + \sqrt{m^2 - 0,75m_1^2}; \quad (6)$$

$$m_1(1) = 0, \quad m_2(1) = m, \quad k = 1 \dots -0,5; \quad m_1(1) = -m, \quad m_2(1) = 0, \quad k = 1 \dots -2.$$

Подставив (6) в (5), получим

$$m_1 = \frac{m(2\dot{\chi}_1 + \dot{\chi}_2)}{\sqrt{3(\dot{\chi}_1^2 + \dot{\chi}_1\dot{\chi}_2 + \dot{\chi}_2^2)}}, \quad m_2 = \frac{m(2\dot{\chi}_2 + \dot{\chi}_1)}{\sqrt{3(\dot{\chi}_1^2 + \dot{\chi}_1\dot{\chi}_2 + \dot{\chi}_2^2)}}. \quad (7)$$

Мощность диссипации энергии для оболочки в безразмерном виде определяется выражением

$$D = \int_0^1 (\dot{\epsilon}_1 n_1 + \dot{\epsilon}_2 n_2 + \dot{\chi}_1 m_1 + \dot{\chi}_2 m_2) \rho d\rho + \left[\left[\frac{\partial \dot{w}}{\partial \rho} \right] m_1 \right]_{\rho=1}, \quad (8)$$

где $D = \frac{2\rho_0^2 D}{\sigma_s h^3}$, $\dot{\epsilon}_i = \frac{4\rho_0^2 \dot{\epsilon}_i}{h^2}$, $\dot{\chi}_i = \frac{2\rho_0^2 \dot{\chi}_i}{h}$ — безразмерные скорость диссипации,

скорости деформации и скорости изменения кривизны срединной поверхности, в квадратных скобках — разрыв в скорости наклона срединной поверхности при $\rho = 1$.

Подставив (7) в (8), получим

$$D = \frac{2m}{\sqrt{3}} \int_0^1 \sqrt{\dot{\chi}_1^2 + \dot{\chi}_1\dot{\chi}_2 + \dot{\chi}_2^2} \rho d\rho + \left[\left[\frac{\partial \dot{w}}{\partial \rho} \right] m_1 \right]_{\rho=1} + n \int_0^1 \left(\frac{\partial \dot{w}}{\partial \rho} \frac{\partial w}{\partial \rho} + 2\dot{w}\xi \right) \rho d\rho, \quad (9)$$

т.е. мощность диссипации энергии не зависит от вида кинематически допустимого поля скоростей радиальных перемещений.

Зависимость между n и m можно получить, используя условие максимума скорости диссипации энергии:

$$\frac{\partial D}{\partial n} = 0, \quad \frac{n}{m} = \frac{n \int_0^1 \left(\frac{\partial \dot{w}}{\partial \rho} \frac{\partial w}{\partial \rho} + 2\dot{w}\xi \right) \rho d\rho}{\frac{2}{\sqrt{3}} \int_0^1 \sqrt{\dot{\chi}_1^2 + \dot{\chi}_1\dot{\chi}_2 + \dot{\chi}_2^2} \rho d\rho + \left[\left[\frac{\partial \dot{w}}{\partial \rho} \right] m_1 \right]_{\rho=1}}. \quad (10)$$

Дифференцируя (5) по пространственной координате, получим соотношение между производными

$$\frac{\partial m_2}{\partial \rho} = -\frac{\partial m_1}{\partial \rho} \frac{2m_1 - m_2}{2m_2 - m_1} = -k \frac{\partial m_1}{\partial \rho}. \quad (11)$$

Уравнение равновесия с учетом (11) примет вид

$$\begin{aligned} 4 \frac{\partial^2 m_1}{\partial \rho^2} &= -P + 2n\xi - 2n \frac{\partial^2 w}{\partial \rho^2} \quad (\rho = 0); \\ \frac{\partial^2 m_1}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial m_1}{\partial \rho} (2+k) &= -P + 2n\xi - n \left(\frac{\partial^2 w}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial w}{\partial \rho} \right) \quad (0 < \rho \leq 1). \end{aligned} \quad (12)$$

Скорости деформаций определяются из соотношения (6) с учетом (2):

$$\frac{\partial^2 \dot{w}}{\partial \rho^2} - k \frac{1}{\rho} \frac{\partial \dot{w}}{\partial \rho} = 0 \quad (0 < \rho \leq 1), \text{ где } k = \frac{2m_1 - m_2}{2m_2 - m_1}. \quad (13)$$

Для решения краевых задач (12) и (13) используется метод конечных разностей. В результате аппроксимации производных по пространственной координате система дифференциальных уравнений сводится к системе алгебраических уравнений с переменными коэффициентами

$$\begin{aligned} -8m_{1,i} + 8m_{1,i+1} &= -(P - 2n\xi)\Delta^2 - 4n(-w_i + w_{i+1}) \quad (i=1), \\ m_{1,i-1} \left[1 - \frac{2+k_i}{2(i-1)} \right] - 2m_{1,i} + m_{1,i+1} \left[1 + \frac{2+k_i}{2(i-1)} \right] &= -(P - 2n\xi)\Delta^2 - \\ -n \left[w_{i-1} \left(1 - \frac{1}{2(i-1)} \right) - 2w_i + w_{i+1} \left(1 + \frac{1}{2(i-1)} \right) \right] &\quad (i=2...N). \end{aligned} \quad (14)$$

Скорости перемещений срединной поверхности определяются из уравнения (13) с учетом граничных условий $\dot{w}(0)=1$, $\dot{w}(1)=0$:

$$\dot{w}_{i-1} \left[1 + \frac{k_i}{2(i-1)} \right] - 2\dot{w}_i + \dot{w}_{i+1} \left[1 - \frac{k_i}{2(i-1)} \right] = 0 \quad (i=2...N). \quad (15)$$

В уравнениях (14) и (15) N — число участков разбиения по радиусу; $\Delta = 1/N$ — шаг, $i=1...N+1$ — индекс точки.

Скорости перемещений при квазистатическом нагружении принимаются как производные по любому неубывающему параметру нагружения

$\dot{w} = v = \frac{dw}{dP}$ или с учетом конечно-разностной аппроксимации $\vec{\dot{w}} = \vec{v} = \frac{d\vec{w}}{dP}$. От-

сюда следует $\vec{w} = \int_0^P \vec{v} dP$. Так как $v(0) = \frac{\Delta w(0)}{\Delta P} = \frac{dw(0)}{dP}$, то $dP = \frac{dw(0)}{v(0)}$. Тогда

$$\vec{w} = \int_0^{w_0} \frac{\vec{v}}{v(0)} dw_0, \quad \vec{w} = \int_0^{w_0} \vec{v}^n dw_0, \text{ где } \vec{v}^n \text{ — нормированный (единичный) вектор}$$

с граничными условиями $\vec{v}(0)=1$, $\vec{v}(1)=0$.

Численная реализация предложенного алгоритма выполнена методом последовательных нагружений, в качестве параметра нагружения принят прогиб в центре оболочки.

Принимая начальное значение $w_0 = 0$ и аппроксимируя распределение m_1 и m_2 алгебраическими полиномами [4], удовлетворяющими граничным условиям, решаем краевую задачу (14). Параметр нагрузки P определяется из граничного условия $m_1(0) = m$. Далее для определения поля скоростей перемещений решается краевая задача (15). Принимая новое распределение изгибающих моментов и поля скоростей перемещений, процесс повторяем. В результате P сходится к некоторому значению. Далее дается приращение Δw_0 , определяется вектор перемещений $\vec{w}$, решаются краевые задачи (14), (15) до схождения параметра нагрузки к новому значению.

Системы алгебраических уравнений с переменными коэффициентами решаются методом Гаусса с итерационным процессом. При каждой итерации уточняется поле изгибающих моментов и поле скоростей перемещений.

Интегрируя уравнения равновесия относительно прогиба, получим

$$w = \frac{(P - 2n\xi)}{4n}(1 - \rho^2) - \frac{1}{n} \int_{\rho}^1 \left(\frac{m_2 - m_1}{\rho} - \frac{\partial m_1}{\partial \rho} \right) \rho d\rho. \quad (16)$$

Функция w представляет собой комбинацию из квадратной параболы и функции, определяемой интегралом в выражении (16).

Для сходимости итерационного процесса с использованием граничного условия $m_1(0) = m$ необходимо достаточно точное определение вектора перемещений на каждом шаге нагружения. Так как $\vec{v}^n$ является функцией w_0 , используя модифицированный метод интегрирования дифференциальных уравнений Эйлера, учитывая (16), получаем

$$\vec{w} = \int_0^{w_0} \vec{v}^n dw_0 = w_0 \left[\bar{z}_j^n (1 - \alpha) + \alpha (1 - \rho^2) \right] \quad 0 \leq \alpha \leq 1, \quad \bar{z}_j^n = \frac{(\vec{v}_j^n + \vec{v}_{j-1}^n)}{2}, \quad (17)$$

где $\bar{z}_j^n$ — нормированный вектор скоростей перемещений; j — шаг нагружения. Начальное значение $\alpha = 0$.

Таким образом, вектор перемещений принимается в виде комбинации двух функций: пропорциональной нормированному вектору скоростей и квадратной параболы. Коэффициент α определяется на каждом шаге нагружения из условия, что правая часть уравнений (14) должна быть меньше нуля.

Для численного определения интегралов (10) необходимо знать значения производных по радиусу от перемещений и скоростей перемещений на опорном контуре $\rho = 1$. В соответствии с (7) граничное условие $m_1(1) = 0$ определяет значения $\vec{z}$ и $\vec{w}$ для законтурных точек $i = N + 2$ шарнирно опертой оболочки:

$$z_{n+2} = -z_n (2 - \Delta/2) / (2 + \Delta/2);$$

$$w_{n+2} = -w_n (2 - \Delta/2) / (2 + \Delta/2) - 6\alpha w_0 \Delta^2 / (2 + \Delta/2).$$

Для оболочки с жестким защемлением края граничное условие $m_1(1) = -m$ в точках $i = N + 2$ дает значения:

$$z_{n+2} = -z_n(1 - \Delta)/(1 + \Delta);$$

$$w_{n+2} = -w_n(1 - \Delta)/(1 + \Delta) - 6\alpha w_0 \Delta^2 / (1 + \Delta).$$

Уравнение (16) используется как контрольное. Для вычисления интеграла, а также для графического контроля в процессе счета необходимы значения производных по радиусу от изгибающих моментов на опорном контуре оболочки. Интегрируя уравнения равновесия (1), получим соотношение, имеющее одинаковый вид для рассматриваемых типов опорного закрепления,

$$\left. \frac{\partial m_1}{\partial \rho} \right|_{\rho=1} = m - n \left. \frac{\partial w}{\partial \rho} \right|_{\rho=1} - \frac{P - 2n\xi}{2}.$$

Из второго уравнения (12) следует

$$\left. \frac{\partial^2 m_1}{\partial \rho^2} \right|_{\rho=1} = \left[\frac{\partial m_1}{\partial \rho} (2 + k) - n \left(\frac{\partial^2 w}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial w}{\partial \rho} \right) \right]_{\rho=1} - P + 2n\xi.$$

На рис. 1 и 2 приведены графики зависимости нагрузка — прогиб в центре полой оболочки с шарнирно-неподвижным опиранием и жестким защемлением края, параметр начальной кривизны $\xi = 0 \dots 32$.

P

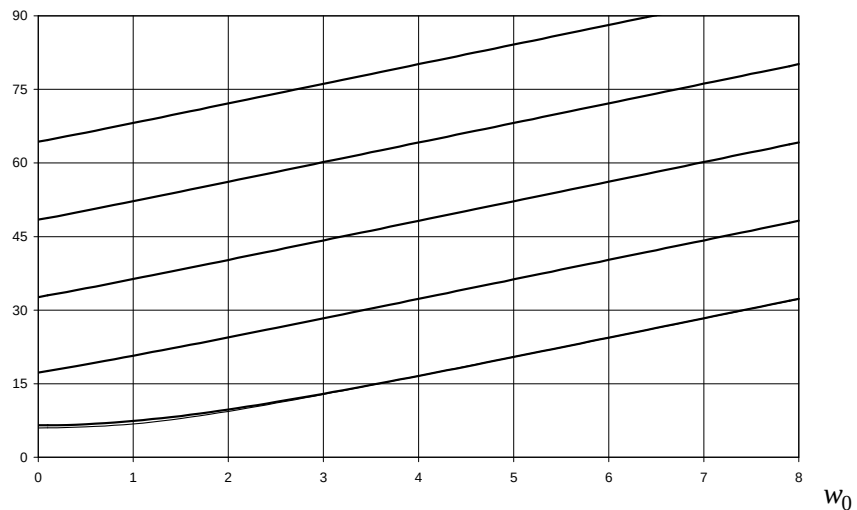


Рис. 1. Графики зависимости нагрузка — прогиб в центре полой оболочки с шарнирно-неподвижным опиранием, параметр начальной кривизны $\xi = 0 \dots 32$

Тонкие линии на графиках соответствуют решениям, полученным в [1] и [2] на основе линеаризации поверхности текучести $\xi = 0$.

Как видно из графиков, аналитическое и численное решения незначительно отличаются для круглой пластинки при прогибах $w_0 \leq 4$, что соответствует толщине. Для оболочек решения полностью совпадают (графики сливаются).

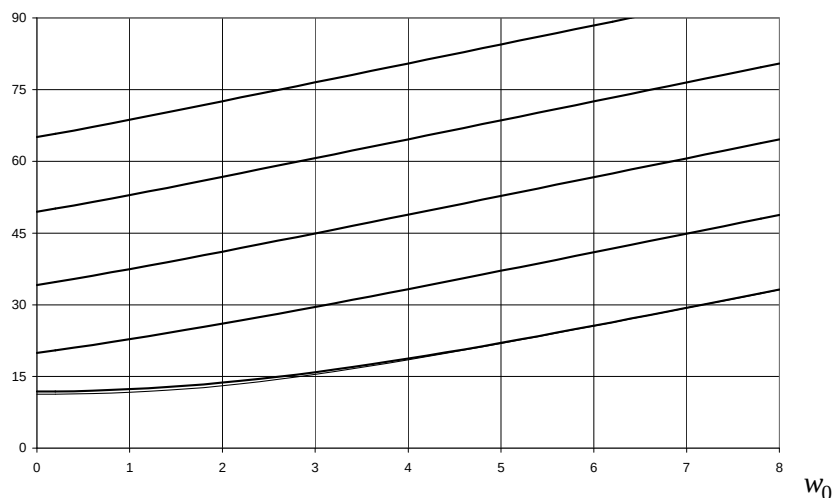
P 

Рис. 2. Графики зависимости нагрузка — прогиб в центре пологой оболочки с жестким защемлением края, параметр начальной кривизны $\xi = 0...32$

Выводы. Линеаризация поверхности текучести позволяет получить аналитические решения, которые всегда предпочтительны, но связана с достаточно громоздкими преобразованиями. Кроме того, изменение типа граничных условий или вида нагрузки приводит к новой системе разрешающих уравнений. Разработанный метод, алгоритм и программа численной реализации физически и геометрически нелинейных задач квазистатического деформирования пологих оболочек вращения позволяют достаточно просто учесть изменение граничных условий и могут быть адаптированы на действие произвольной осесимметричной нагрузки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кислова Л.В. Большие прогибы жесткопластической пологой сферической оболочки с шарнирным опиранием края // Исследования и расчет строительных конструкций. М. : Госстройиздат, 1983. С. 25—31.
2. Ерхов М.И., Старов А.В. Расчет жесткопластических защемленных по контуру пологих оболочек вращения с учетом больших прогибов // Исследования по расчету элементов пространственных систем: сб. науч. тр. М. : Изд-во ун-та дружбы народов, 1987. С. 25—33.
3. Ерхов М.И. Теория идеально-пластических тел и конструкций. М. : Наука, 1978. 352 с.
4. Старов А.В. Метод решения нелинейных задач жесткопластического изгиба круглых пластинок на основе условия пластичности Мизеса // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архит. 2007. Вып. 7 (26). С. 69—73.

1 Kislova L.V. Bol'shiye progiby zhestkoplasticheskoy pologoy sfericheskoy obolochki s sharnirnym opiraniyem kraya // Issledovaniya i raschet stroitel'nykh konstruksiy. M. : Gosstroyizdat, 1983. S. 25—31.

2. Erhov M.I., Starov A.V. Raschet zhestkoplasticheskikh zashchemlennykh po konturu pologikh obolochek vrashcheniya s uchetom bol'shikh progibov // Issledovaniya po raschetu elementov prostanstvennykh system : sb. nauch. tr. M. : Izd-vo un-ta Druzhby narodov, 1987. S. 25—33.

3. Erhov M.I. Teoriya ideal'no-plasticheskikh tel i konstruksiy. M. : Nauka, 1978. 352 s.

4. Starov A.V. Metod resheniya nelineynykh zadach zhestkoplasticheskogo izgiba kruglykh plastinok na osnove usloviya plastichnosti Mizesa // Vestnik Volgogr. gos. arkhит.-stroit. un-ta. Ser. : Str-vo i arkhит. 2007. Vyp. 7 (26). S. 69—73.

Поступила в редакцию в июне 2010 г.

© Старов А.В., 2010

УДК 624.153.524:69.059.22

А.Г. Сафина

СОПОСТАВЛЕНИЕ ПРОГНОЗИРУЕМЫХ ОСАДОК ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ С ФАКТИЧЕСКИМИ ОСАДКАМИ

Приведены данные об измерении осадок плитных фундаментов 10...14(15)-этажного жилого дома, административно-торгового комплекса, Марийского национального театра оперы и балета в г. Йошкар-Оле. Прогнозируемое развитие осадок сопоставлено с фактическим.

К л ю ч е в ы е с л о в а: плитные фундаменты, прогнозируемые осадки, геодезические наблюдения, фактические осадки.

It represented data on the measurement of foundation slabs 10...14 (15)-storey domestic building, office and retail complex, building Mari State Opera and Ballet Theater in Yoshkar-Ola. Projected development of settlements compared with real settlements.

K e y w o r d s: foundation slabs, projected settlements, geodetic notices, real settlements.

Широкое применение в настоящее время фундаментов в виде сплошных плит большого размера приводит к необходимости измерения фактических осадок таких фундаментов с целью совершенствования методов расчета оснований по деформациям. Критерием достоверности расчетных прогнозов служат результаты мониторинга деформаций здания в период строительства. Обобщение большого количества натурных данных позволит вводить обоснованные уточнения в разработку программ инженерно-геологических изысканий и в расчетные прогнозы.

Ниже приведены результаты наблюдений за осадками плитных фундаментов трех зданий в г. Йошкар-Оле: многоэтажного жилого дома, административно-торгового комплекса, здания Марийского национального театра оперы и балета. Наблюдения за осадками велись с начала строительства. Данные об инженерно-геологических условиях, конструктивных особенностях строящихся зданий административно-торгового комплекса, многоэтажного жилого дома, о фактических осадках приведены в [1]. В настоящее время строительство зданий завершено, административно-торговый комплекс введен в эксплуатацию и функционирует (рис. 1).



Рис. 1. Административно-торговый комплекс «Пушкинский»

По периметру здания административно-торгового комплекса было размещено 11 геодезических марок. Фактические осадки составили не более 20 мм. При выполнении расчета осадок с использованием программного комплекса SCAD получена средняя осадка 19,76 мм.

Наблюдения за осадками 10...14(15)-этажного жилого дома в микрорайоне Ленинский были начаты сразу после устройства плитных фундаментов (1995 г.) и продолжались до апреля 2008 г. По периметру здания было размещено 48 геодезических марок, схема размещения приведена на рис. 2.

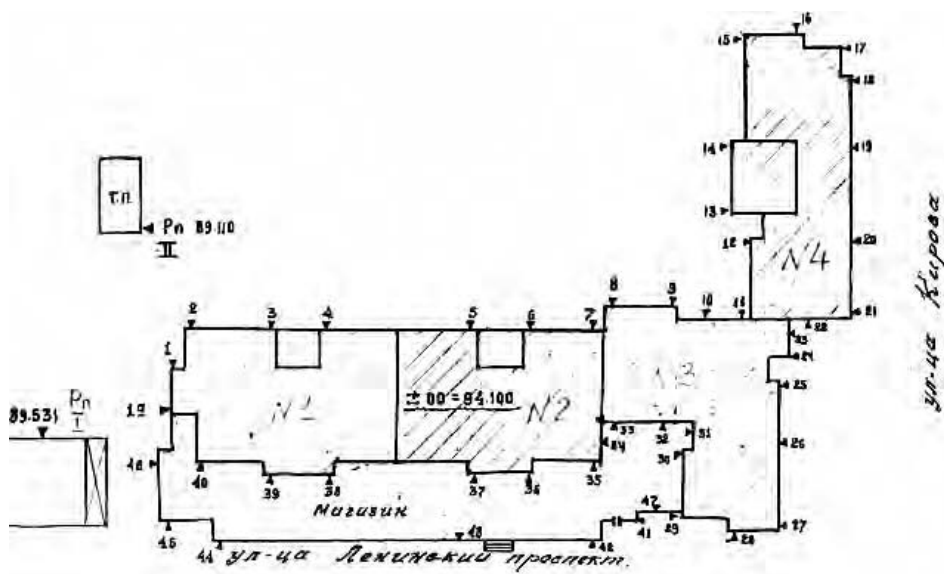


Рис. 2. Схема расположения геодезических марок (жилой дом)

Результаты измерения осадок приведены на рис. 3.

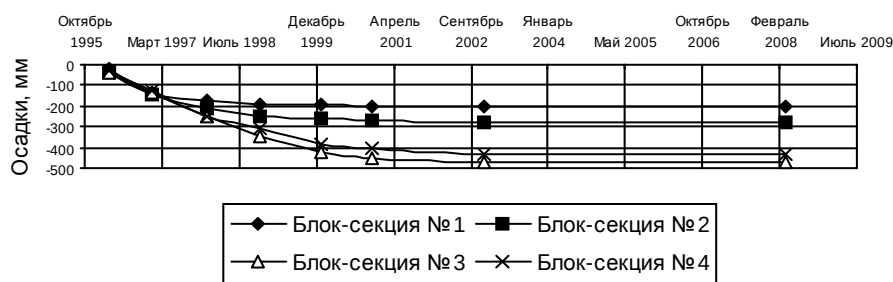


Рис. 3. График развития осадок во времени по блок-секциям

Анализ данных наблюдений показывает, что осадки фундаментов жилого дома практически стабилизировались, неравномерность осадок не превышает допустимых величин, однако средняя расчетная осадка блок-секций № 3 и 4 (30 см) оказалась меньше фактической (44...46 см). Значительная разница в осадках фундаментной плиты блок-секции № 3 объясняется тем, что 13-этажная секция была доведена до 15 этажей без корректировки проекта фундаментов.

Расчетные осадки, см, по блок-секциям: № 1 — от 11,83 до 29,7, № 2 — 10,61 до 30,22, № 3 — от 24,33 до 35,67, № 4 — от 24,8 до 35,28. Фактические осадки по блок-секциям: № 1 — от 19,5 до 21,3, № 2 — от 22,9 до 32,6, № 3 — от 43,8 до 50,8, № 4 — от 41,0 до 46,9.

Также были произведены наблюдения за осадками здания Марийского национального театра оперы и балета по ул. Пушкина (г. Йошкар-Ола), находящегося в стадии завершения строительства. Разрез здания театра приведен на рис. 4.

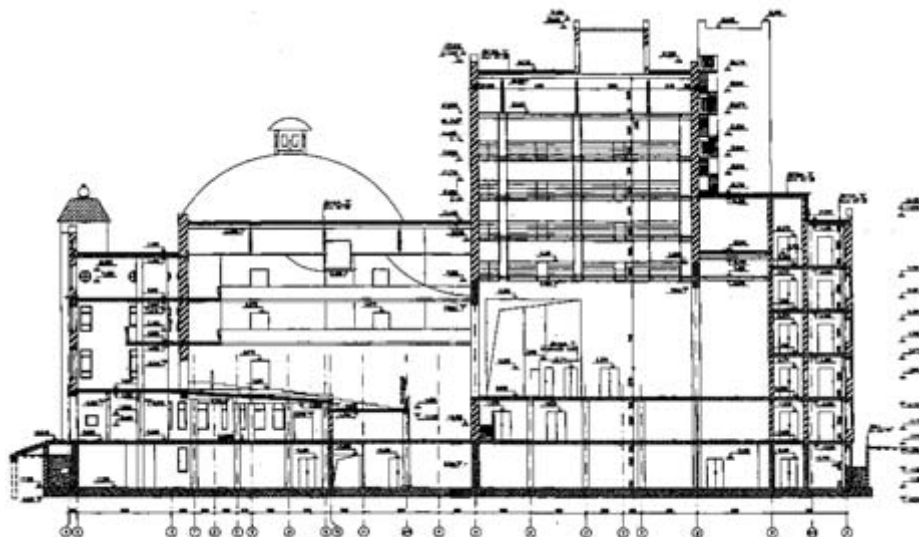


Рис. 4. Разрез здания театра оперы и балета

Здание театра отдельно стоящее, переменной этажности, с подвальным этажом. Здание запроектировано в монолитном каркасном варианте, со смешанным каркасом, с монолитными железобетонными перекрытиями, колоннами, стенами подвала и кирпичными стенами надземных этажей. Каркас состоит из монолитных колонн, несущих стен и сплошного безбалочного перекрытия, соединенных в единую пространственную систему. Несущие конструкции опираются на фундаментную плиту толщиной 75 см из бетона В20, F75, W6. Плита сложной ромбовидной конфигурации в плане, максимальными размерами 74,33×51,02(55,68) м. Отметка низа подошвы фундаментной плиты –8,250 м (абс. отм. 90,750 м).

Общий вид здания театра в процессе строительства приведен на рис. 5.

По данным инженерно-геологических изысканий, выполненных проектным институтом «Марийскгражданпроект», инженерно-геологические условия площадки следующие (изыскания проводились в стесненных условиях, в пределах площадки располагалось здание кинотеатра «Рекорд», подлежащее сносу): с поверхности на глубину 0,4...0,6 м залегают насыпные грунты, ниже до глубины 2,1...2,3 м, средней мощностью 1,5 м, — глина полутвердая с расчетными характеристиками: плотность грунта $\rho = 1,89 \text{ г/см}^3$, сцепление $c = 0,043 \text{ МПа}$, угол внутреннего трения $\varphi = 16^\circ$, модуль деформации $E = 20,0 \text{ МПа}$. В виде прослоя залегает суглинок тугопластичный мощностью

до 0,4 м, с характеристиками: плотность грунта $\rho = 1,94 \text{ г/см}^3$, сцепление $c = 0,018 \text{ МПа}$, угол внутреннего трения $\varphi = 15^\circ$, модуль деформации $E = 16,0 \text{ МПа}$.



Рис. 5. Здание Марийского национального театра оперы и балета

Ниже, с отм. 90,600 м, залегает суглинок мягкопластичный, в интервале 2,3...3,4 м, с характеристиками: плотность грунта $\rho = 1,95 \text{ г/см}^3$, сцепление $c = 0,016 \text{ МПа}$, угол внутреннего трения $\varphi = 15^\circ$, модуль деформации $E = 14,0 \text{ МПа}$. Суглинок подстилается песком мелким, средней плотности, влажным, залегающим в интервале 3,2...6,3 м, с характеристиками: плотность грунта $\rho = 1,96 \text{ г/см}^3$, угол внутреннего трения $\varphi = 31^\circ$, модуль деформации $E = 19,9 \text{ МПа}$. Содержит в своем составе прослойки песка средней крупности и песка пылеватого. Скважиной № 1 вскрыта прослойка суглинка текучепластичного пылеватого тиксотропного песчанистого мощностью до 0,7 м, с характеристиками: плотность грунта $\rho = 1,94 \text{ г/см}^3$, сцепление $c = 0,009 \text{ МПа}$, угол внутреннего трения $\varphi = 7^\circ$, модуль деформации $E = 6,1 \text{ МПа}$. Завершает разрез вскрытых до 15 м отложений песок мелкий, плотный, водонасыщенный с характеристиками: плотность грунта $\rho = 2,01 \text{ г/см}^3$, угол внутреннего трения $\varphi = 35^\circ$, модуль деформации $E = 39,0 \text{ МПа}$. Грунтовые воды на период изысканий вскрыты на глубине 6,3...6,5 м от поверхности земли, что соответствует абсолютным отметкам 86,9...87,5 м.

Участок строительства находится в неблагоприятных инженерно-геологических условиях, так как характеризуется наличием в разрезах слабых грунтов с низкими прочностными и деформационными характеристиками.

Естественным основанием фундаментной плиты является суглинок мягкопластичный, подстилающий слой — песок мелкий, средней плотности, влажный.

В процессе строительства данного объекта проводились наблюдения за развитием осадок фундаментной плиты (с начала устройства плитного фундамента). Всего было размещено 27 геодезических марок. Схема размещения геодезических марок приведена на рис. 6.

Фактическая средняя осадка основания здания за период наблюдения составила 21 мм (от 12 до 30 мм). График развития осадок геодезических марок во времени и расчетная величина средних осадок по программе PLAXIS приведены на рис. 7.

На основании проведенных наблюдений за осадками строящегося здания театра можно сделать вывод о том, что фактические осадки не превышают предельных осадок согласно [2], осадки равномерные. Неблагоприятным фактором следует считать скопление воды в подвале в течение производства работ в весеннее время. Судя по графику развития осадок геодезических марок, осадки в 2008 г. стабилизированы, здание практически завершено строительством.

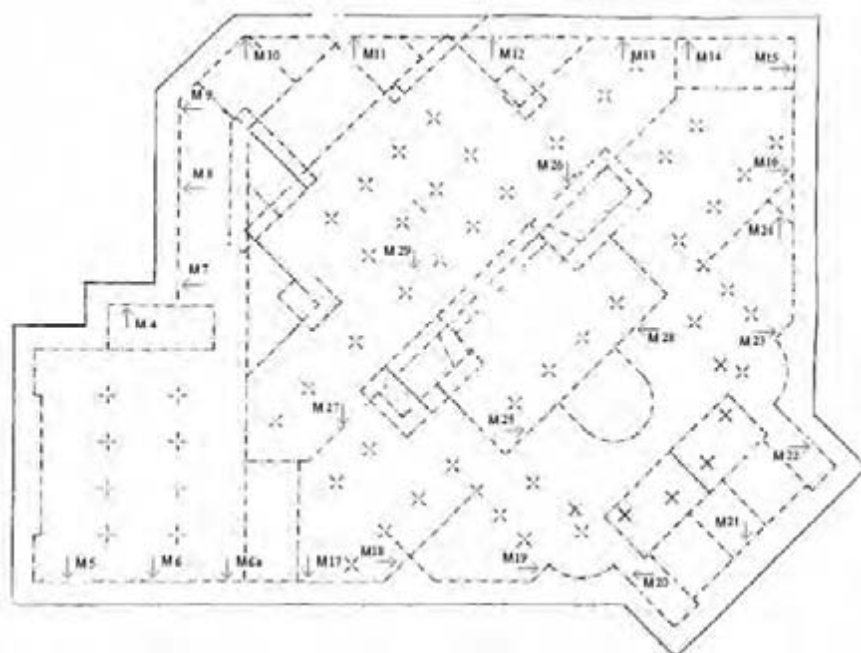


Рис. 6. Схема расположения марок

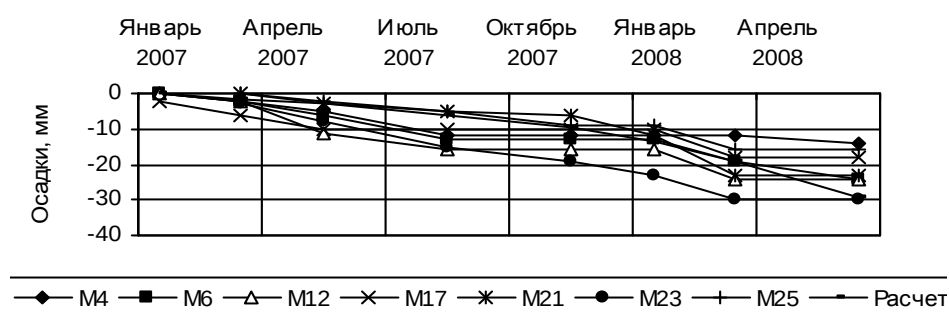


Рис. 7. График развития осадок во времени (здание театра)

При выполнении расчета осадки с использованием программных комплексов Structur CAD 11.1 и PLAXIS и с применением различных методов расчета получены значительно различающиеся средние осадки — от 15 до 35 мм.

Результаты расчета осадок по программе PLAXIS приведены на рис. 8.

Сопоставительный анализ с фактическими осадками здания театра показал, что расчетные осадки по программе SCAD меньше фактических, расчетные осадки по программе PLAXIS сопоставимы с фактическими, но превышают их по величине.

Выполненный анализ указывает на целесообразность накопления данных наблюдений за осадками зданий на плитных фундаментах с целью совершенствования методики их проектирования.

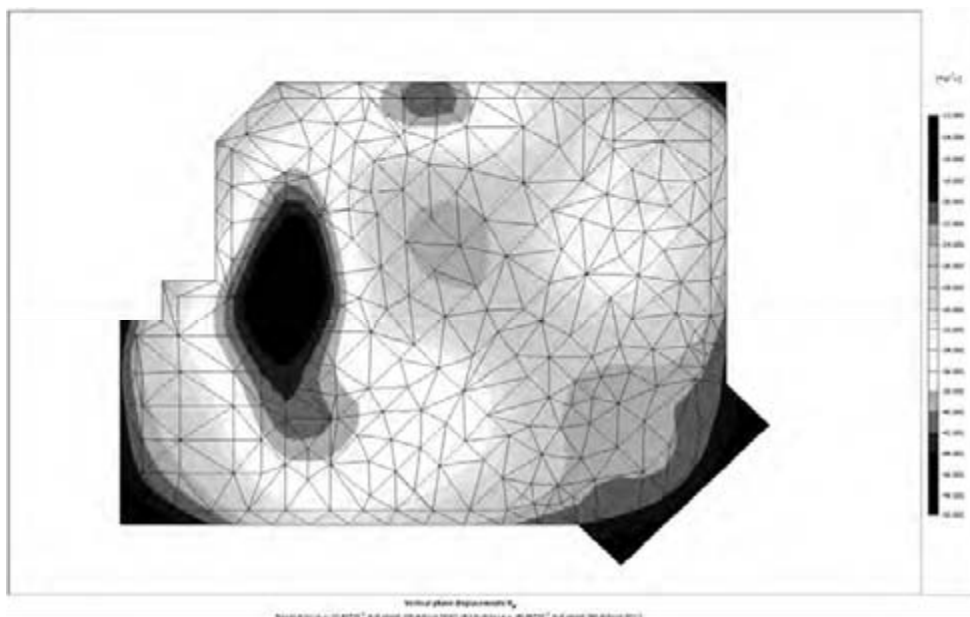


Рис. 8. Результаты расчета осадок по программе PLAXIS

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Пилигин А.В., Сафина А.Г.* Осадки плитных фундаментов зданий // Геотехника: Научные и прикладные аспекты строительства надземных и подземных сооружений на сложных грунтах : межвуз. тематич. сб. тр. СПб, 2008. С. 23—28.
2. СНиП 2.02.01—83*. Основания зданий и сооружений. Минстрой России. М. : ГП ЦПП, 1995. 48 с.
3. *Пилигин А.В.* Проектирование оснований и фундаментов зданий и сооружений. М. : Изд-во АСВ, 2005.
4. *Кубецкий В.Л., Иванов В.В.* Влияние результатов инженерно-геологических изысканий на прогнозирование осадок высотных зданий // Инженерная геология. 2008. № 1. Март. С. 35—38.
1. *Piliagin A.V., Safina A.G.* Osadki plitnykh fundamentov zdaniy // Geotekhnika: Nauchnyye i prikladnyye aspekty stroitel'stva nadzemnykh i podzemnykh sooruzheniy na slozhnykh gruntakh. SPb, 2008. С. 23—28.
2. SNiP 2.02.01-83* Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy / Ministroy Rossii. M. : GP ZPP, 1995. 48 s.
3. *Pilyagin A.V.* Proektirovaniye osnovaniy i fundamentov zdaniy i sooruzheniy. M. : Izd-vo ASV, 2005.
4. *Kubetskiy V.L., Ivanov V.V.* Vliyaniye rezul'tatov inzhenerno-geologicheskikh izyskaniy na prognozirovaniye osadok vysotnykh zdaniy // Inzhenernaiya geologiya. 2008. № 1. Mart. С. 35—38.

© Сафина А.Г., 2010

Поступила в редакцию в августе 2010 г

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 666.96.1

А.А. Груздев, Т.К. Акчурин, О.Ю. Пушкарская

МИНЕРАЛЬНО-АБРАЗИВНЫЕ ШЛАМЫ — ЭФФЕКТИВНЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ БЕТОНОВ

Освещены вопросы технологических разработок при производстве композиционных материалов с использованием твердых отходов водоочистки в составах бетонов, что экономически оправдано. Рассмотрены минерально-абразивные шламы, представляющие собой в результате коагуляции гетерогенные коллоидные дисперсные системы, в которых твердой фазой являются тонкодисперсный абразив, гидроксид или карбонат кальция, растворимые и малорастворимые соли кальция, натрия, калия, а также их хлориды и сульфаты. Исследуемый материал является наиболее перспективным наполнителем бетонов, поскольку подобные соединения позволяют повышать гидратационную активность вяжущего, являясь при этом тонкодисперсным абразивным наполнителем.

К л ю ч е в ы е с л о в а: коагуляция, шламы, наполнители бетонов, тонкодисперсные абразивные наполнители.

Questions of technological developments in the manufacture of compos using hard waste treatment consisting of the concrete in concrete that is economically viable, covered. Mineral-abrasive slurries, constituting caused by coagulation heterogeneous dispersions in which the hard phase is finely dispersed abrasive, hydroxide or carbonate of lime, soluble and poorly soluble salts of calcium, sodium, potassium, and their chlorides and sulfates, are considered. The material under examination promise concrete aggregates, since these compounds can increase the hydration activity of binding, as in this case with fine abrasive filler.

Key words: coagulation, slurries, concrete aggregates, fine abrasive fillers.

Утилизация шламовых отходов, образующихся на станциях нейтрализации и водоочистки и хранящихся в огромных количествах в шламонакопителях, составляет экологическую проблему для большинства предприятий машиностроения. Химический состав шламов весьма разнообразен и определяется составом и способами нейтрализации общезаводских стоков. Наибольший интерес с точки зрения использования в производстве строительных материалов представляют гипсовые, известково-гипсовые, гипсо-карбонатные, известково-гипсо-карбонатные, а также подобные им шламы более сложного состава, содержащие комплекс неорганических солей и органические примеси [1]. Авторами настоящей статьи проведены исследования химического состава шламовых отходов абразивного производства, оборотные воды которого содержат в больших количествах механические примеси, преимущественно абразивного характера, различной степени дисперсности:

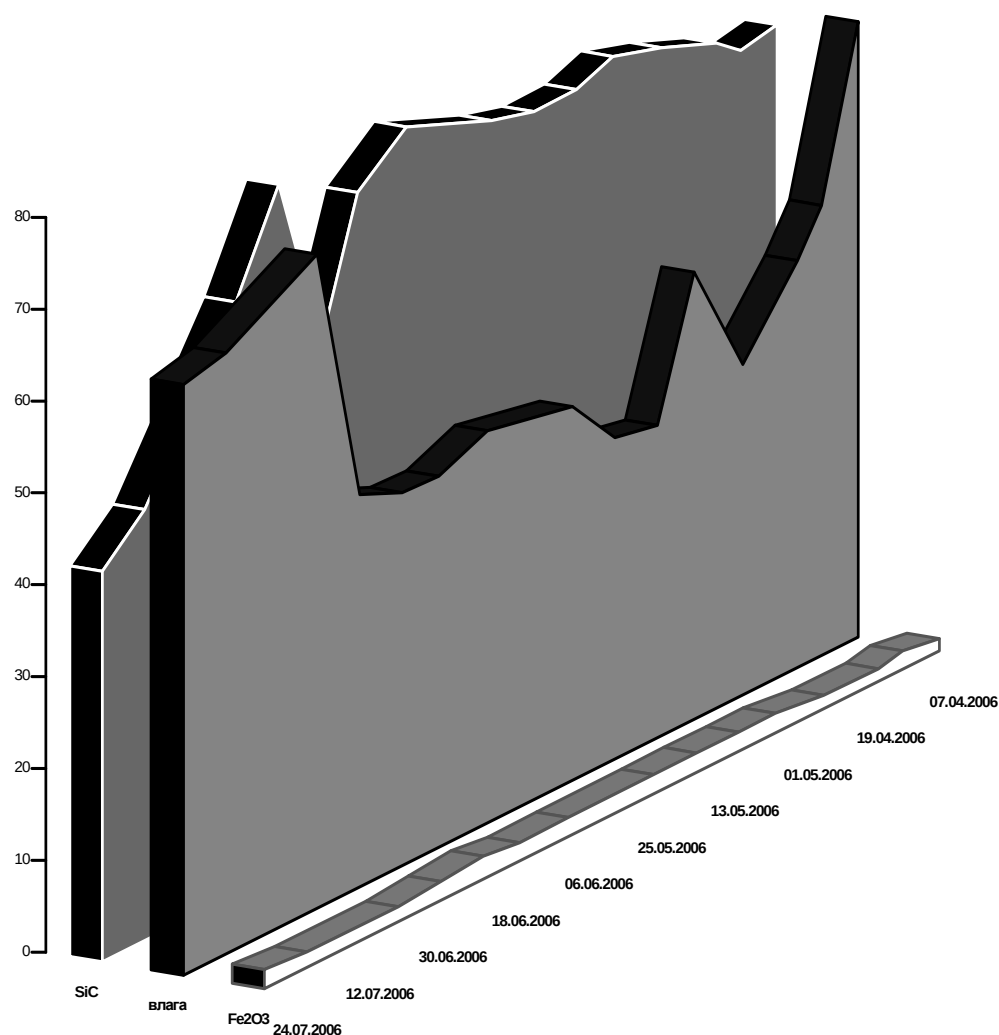
от грубодисперсных до коллоидных — и имеют высокое солесодержание. Основной физико-химический метод очистки промышленных стоков от коллоидных и мелкодисперсных загрязнений примесей это коагуляция. В качестве веществ, способствующих коагуляции загрязнений сточных вод, используются в основном соли железа и алюминия $(Al_2(OH)_nCl_m \cdot xH_2O)$, где $n = 3,0...5,0$, $m = 1,0...3,0$, $x = 1,0...1,5$ — гидроксихлорид алюминия ГОХА). Коагулянт ГОХА в результате химической реакции с загрязнениями промышленных сточных вод абразивного производства превращается в нерастворимые формы гидроксидов алюминия. При своем образовании эти гидроксиды захватывают органические и неорганические примеси из стоков. При этом в обрабатываемых сточных водах формируются рыхлые хлопья. Данные хлопья затем могут быть легко удалены из очищаемой воды в результате осаждения. По размеру частиц минерально-абразивные шламы (МАШ) представляют собой гетерогенные коллоидные дисперсные системы, в которых твердой фазой являются тонкодисперсный абразив, гидроксид или карбонат кальция, растворимые и малорастворимые соли кальция, натрия, калия, а также их хлориды и сульфаты.

В результате коагуляции образуются агрегаты — более крупные (вторичные) частицы, состоящие из скопления более мелких (первичных). Первичные частицы в таких скоплениях соединены силами межмолекулярного взаимодействия непосредственно или через прослойку окружающей (дисперсионной) среды. Коагуляция сопровождается прогрессирующим укрупнением частиц (увеличением размера и массы агрегатов) и уменьшением их числа в объеме дисперсионной среды — сточных вод. Рост частиц приводит к образованию сгустков или хлопьев (флокул), выпадающих в осадок (коагулят, коагель) или скапливающихся в виде сливок у поверхности. Содержание карбидокремниевых материалов, влаги и оксида железа в МАШ приведены на рисунке.

В процессе обезвоживания, в результате высыхания при открытом хранении, сначала образуется дисперсная система, частицы которой связаны в пространственный каркас, в дальнейшем происходит медленное отверждение шламов. Формирование коагуляционно-кристаллизационных структур в МАШ, содержащих $Ca(OH)_2$, $Al_2(OH)_3$, $Mg(OH)_2$ и гипс, происходит за счет образования гидроалюминатов и гидроалюмоферритов кальция, а также других гидратных фаз, близких по составу к продуктам гидратации цементов [2]. Такие шламы представляют наибольший интерес как активные наполнители для строительных материалов.

Анализ химического состава и физических свойств МАШ позволил сделать предположение о возможности применения их в качестве активаторов твердения и наполнителей цементных композиций. Высокая дисперсность шламов ($S_{уд} = 12...15$ тыс. $см^2/г$) и присутствие в них неорганических солей является одной из причин активации процессов гидратации цемента, поскольку частицы шлама выполняют роль не только наполнителя, но и активного компонента системы, оказывающего существенное влияние на формирование активных центров кристаллизации. Анализ технической литературы показал, что технологические шламы могут быть использованы не только как наполнители цементных систем, но и как активаторы поверхности [3—4]. Для повышения растворимости исходных вяжущих при выборе подобных

сочетаний добавок целесообразно ориентироваться на электролиты, не содержащие одноименных с вяжущим ионов кальция. При анализе влияния гипса на процессы гидратации и твердения силикатных фаз цемента отмечается, что сульфат кальция может внедряться в состав продуктов гидратации C_3S с образованием гидратных фаз, в которых S^{6+} замещает Si^{4+} в геле томерборита. Возможность такого замещения обусловливается как близкими ионными радиусами кремния и серы, так и аналогичным расположением атомов кислорода в тетраэдрических анионах SiO_4^{2-} [1].



Содержание SiC, влаги и Fe_2O_3 в МАШ

Характер изменения прочности цементных материалов с различной степенью наполнения тонкодисперсными шламами определяется важной ролью полиструктурности композиций. Влияние полиструктуры на кинетику процесса твердения, особенно на начальном этапе, с количественной оценкой формирования прочности необходимо рассматривать исходя из масштабных

уровней частиц компонентов, формирования пористой структуры, кластерообразования, структурной топологии и взаимного расположения частиц. При рассмотрении механизмов повышения прочности наполненных цементных структур, особенно при использовании тонкодисперсных химически активных наполнителей, особое внимание должно уделяться процессам кристаллообразования, в конечном итоге обеспечивающих прочность твердеющих структур. Структурная топология цементного композита, однородно смешанного с более высокодисперсным наполнителем, если его дисперсность в 3...4 раза превышает дисперсность вяжущего, обеспечивает повышение прочности контактной зоны. Большее количество коагуляционных контактов и стесненные условия с равномерным распределением частиц наполнителя и заполнением пустот создают предпосылки для повышения ранней прочности композита. Подобный механизм структурного упрочнения может быть принят для тонкодисперсных наполнителей, химически не активных или слабо активных по отношению к цементным минералам. Однако при использовании МАШ его необходимо рассматривать с учетом возможности химического взаимодействия тонкодисперсного наполнителя с цементом.

МАШ, в состав которых входят растворимые соли кальция, натрия или калия (хлориды, сульфаты, нитриты, нитраты и т.д.), являются наиболее перспективными, поскольку подобные соединения позволяют повышать гидратационную активность вяжущего, являясь при этом тонкодисперсным абразивным наполнителем.

Разработка и внедрение эффективных ресурсосберегающих технологий производства с максимальным использованием местного сырья и техногенных отходов машиностроения является актуальной задачей промышленности строительных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тараканов О.В., Пронина Т.В. Расширение области применения минеральных шламов в производстве строительных материалов // Популярное бетоноведение. 2006. № 6. С. 1—7.
2. Домокеев А.Г. Строительные материалы. М., 1989.
3. Грушко И.М., Дегтярева Э.В. Влияние комплексных добавок на прочность бетона // Строит. материалы и конструкции. 1985. № 3. С. 33—35.
4. Деркаченко Л.И. Минералогия карбида кремния Л. : Наука, 1972.
1. Tarakanov O.V., Pronina T.V. Rasshireniye oblasti primeneniya mineralnykh shlamov v proizvodstve stroitelnykh materialov // Populyarnoe betonovedeniye. 2006. № 6. S. 1—7.
2. Domokeev A.G. Stroitel'nyye materialy. M., 1989.
3. Grushko I.M., Degtyreva A.V. Vliyniye kompleksnykh dobavok na prochnost' betona // Stroitel'nyye materialy i konstruksii. 1985. № 3. S. 33—35.
4. Derkachenko L.I. Mineralogiya karbida kremniya. L. : Nauka, 1972.

© Груздев А.А., Акчурина Т.К., Пушкарская О.Ю., 2010

Поступила в редакцию
в октябре 2010 г.

УДК 621.315.616.97

А.А. Пушкарская, Т.К. Акчурина

КОМПАУНД НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Предложена полимерная композиция для химической гидроизоляции, основной компонент которой является полимерным отходом. Эффект водонепроницаемости обеспечивается за счет ряда строго последовательных химических реакций между компонентами полимерной композиции, продолжающихся во времени, а также процессов смачивания и адгезии, проходящих внутри структуры защищаемого материала, в результате чего заполняются капилляры. Структура пленкообразования композиции обуславливает высокие гидроизоляционные свойства состава, а также обеспечивает эффект «самозалечивания» путем блокирования пор и трещин в слое конструкции, прилегающем к изолирующему покрытию.

К л ю ч е в ы е с л о в а: гидроизоляция, водонепроницаемость, смачивание, адгезия, пленкообразование.

The polymer compound for waterproofing chemicals, the master component of which is a polymer waste, is proposed. The effect of water resistance is ensured at the expense of a series of strictly consecutive chemical changes between components of protensive polymer compound, and at the expense of the processes of wetting and adhesion, passing within the structure of the protected material, resulting in the capillaries are filled. The structure of the membrane-forming composition leads to high waterproofing properties of the composition, and also provides the effect of “self-healing” by blocking the pores and cracks in the layer structure adjacent to the membrane.

K e y w o r d s: waterproofing, polymeric withdrawal, water resistance, wetting, adhesion, membrane-forming.

Большинство строительных материалов, таких как кирпич, бетон, минеральная штукатурка и т.п., имеют пористую структуру и довольно хорошо пропускают воду. Чрезмерное увлажнение фундаментов и подземных участков стен не только способствует развитию грибка, плесени и бактерий, но и приводит к образованию протечек воды, которая, вымывая частицы раствора, постепенно разрушает конструкцию здания. Кроме того, влага, попавшая в поры, замерзая зимой, приводит к образованию трещин на глубину своего проникновения. Это одна из основных причин порчи фундаментов и других элементов конструкций, не обработанных гидроизоляционными материалами. Традиционные материалы на битумной и полимерной основах уже не в полной мере отвечают запросам строителей по надежности и технологичности применения. Хорошая адгезия на границе ремонтируемая поверхность — состав для ремонта обеспечивается при использовании в этом составе полимеров, в частности гидроизоляционных, чего невозможно добиться, применяя материалы на основе минеральных вяжущих. Отсутствие хорошей адгезии приводит к нарушению гидроизоляции и к полному или частичному ее отслоению. Наряду с новыми и известными ранее рулонными и мастичными гидроизоляционными материалами в мировой строительной практике все чаще применяются гидроизоляционные материалы проникающего действия [1]. Рынок предлагает множество материалов, в том числе и импортных, но они в 3...4 раза дороже отечественных. Поэтому разработка новых полимерных композиций для гидроизоляции на основе техногенных отходов оправдана с экономической и экологической точек зрения.

Авторами предлагается полимерная композиция для химической гидроизоляции. Основной компонент композита является полимерным отходом. Для проведения эксперимента использовали полимерное покрытие из раствора, который состоит из трех компонентов: пленкообразующая матрица на основе полимерных отходов, растворитель и пигмент. Кроме того, подбирались наполнители для создания требуемых свойств компаунда на поверхности, в целях экономии композиции и получения необходимой вязкости покрытия при нанесении на вертикальную поверхность, а для придания эластичности композиции в состав вводили модификаторы. В качестве отвердителя использовали полиамин [2—3].

Эффект водонепроницаемости обеспечивается за счет ряда строго последовательных химических реакций между компонентами полимерной композиции, продолжающихся во времени, а также процессов смачивания и адгезии, проходящих внутри структуры защищаемого материала, в результате чего заполняются капилляры, поры и микротрещины поверхности (рис. 1). Поверхностное натяжение раствора полимерной композиции равно $41,58 \text{ мДж/м}^2$, краевые углы смачивания определяли методом проектирования капли на экран.



Рис. 1. Структура поверхности бокового среза образца с полимерным покрытием

Структура пленкообразования композиции (рис. 2) обуславливает высокие гидроизоляционные свойства состава, а также обеспечивает эффект «самозалечивания» путем блокирования пор и трещин в слое конструкции, прилегающем к изолирующему покрытию. Концентрация раствора определяет толщину одного слоя, но она не является определяющим фактором для покрытия в целом. Покрытие из нескольких слоев с малым содержанием основы дает лучшие адгезионные характеристики, чем покрытие одним слоем с большим содержанием основы, в частности вследствие того, что многослойные покрытия дают растворителю легко испаряться и уменьшают возможность отслаивания покрытия от поверхности покрываемого изделия [2, 3].

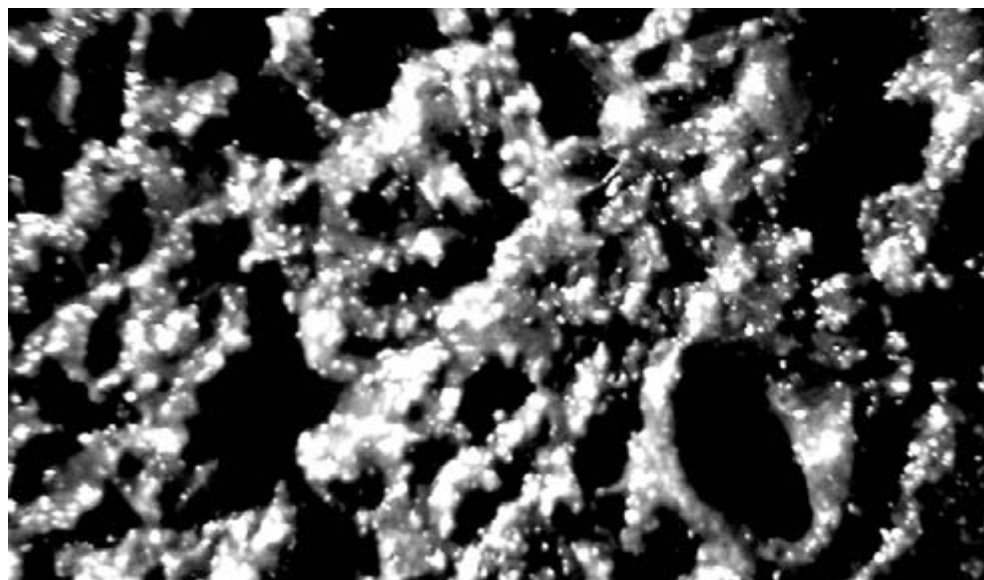


Рис. 2. Поверхность образца с полимерным покрытием, 2 слоя

В результате применения разработанного состава на основе полимерных отходов водопоглощение бетонных образцов снижается на порядок, пористость бетона уменьшается в 6,5 раз, прочность увеличивается на 20 %, приобретаются также защитные свойства к агрессивному воздействию кислот, растворов солей и нефтепродуктов. Изменения физико-механических характеристик образцов с полимерным покрытием в зависимости от состава композиции приведены на рис. 3, а—г.

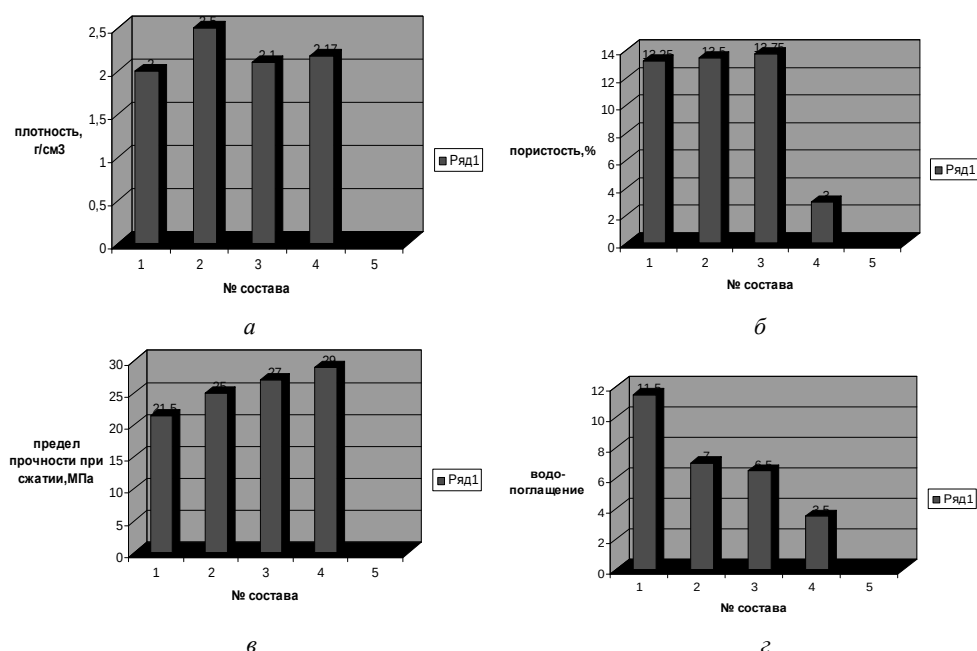


Рис. 3. Графическое изображение изменения физико-механических характеристик образцов с полимерным покрытием

Разработанный состав полимерной композиции можно отнести к полимерным мастикам холодного отверждения, в процессе проведения строительных работ не требуется предварительного разогрева компаунда. Для улучшения прочностных характеристик мастичных кровель их можно армировать стеклохолстом или стеклосеткой. Армирование повышает прочность, но снижает эластичность мастичного слоя. Поэтому его можно выполнять лишь в отдельных узлах (обычно в примыканиях и сопряжениях) [3]. К преимуществам разработанной мастичной гидроизоляции можно отнести отсутствие мест стыков и швов в кровельном ковре. Недостаток мастичного слоя состоит в том, что трудно добиться гарантированной толщины изолирующей пленки, особенно при больших уклонах и неровных поверхностях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сонина Н.М., Павлова В.Г. Композиционные строительные материалы для гидроизоляции наземных сооружений // Строительные материалы. 1986. № 8. С. 11—15.
2. Соголова Т.И. О регулировании механических свойств полимеров изменением их надмолекулярной структуры // Механика полимеров. 1966. № 5. С. 21—23.
3. Атрощенко Э.С., Розин А.Е. Разработка научных основ формирования структуры и свойств композиционных материалов // Материаловедение. 1998. № 6. С. 26—30.
1. Sonina N.M., Pavlova V.G. Kompozitsionnyye stroitel'nye materialy dlya gydroizolayatsii nazemnykh sooruzheniy // Stroitel'nye materialy. 1986. № 8. S. 11—15.
2. Sogolova T.I. O regulirovanii mekhanicheskikh svoystv polimerov izmeneniyem ikh nadmolekulyarnoy struktury // Mekhanika polimerov. 1966. № 5. S. 21—23.
3. Atroshchenko A.S., Rozin A.E. Razrabotka nauchnykh osnov formirovaniya struktury i svoystv kompozitsionnykh materialov // Materialovedeniye. 1998. № 6. S. 26—30.

© Пушкарская А.А., Акчурин Т.К., 2010

Поступила в редакцию
в октябре 2010 г.

УДК 621.531.43

Р.П. Заднепровский, М.В. Трохимчук

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ПЛАСТИЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ

Выполнен анализ основных показателей с приведением расчетных формул для оценки пластично-прочностных свойств различных строительных материалов на основе аналогии процессов скольжения и сдвига с их геометрической интерпретацией и критериальным параметром соотношения прочностных характеристик. Определен приближенный критерий пластичности по экспериментальным значениям прочностных характеристик основных строительных материалов: термопластов, термоактивных пластмасс; деревянных конструкций из осины, сосны, тополя, дуба, березы; чугуна титанового сплава; стали различных марок; горных пород (гипс, известняк, апатит, кремнефосфорит, глина, песок).

К л ю ч е в ы е с л о в а: пластичность, прочность.

Analysis was carried out using of key figures to bringing the design equations to estimate the plasticity behaviors of various constructional materials based on the analogy process slide and shift their geometric interpretation and criteria feature ratio of the strength characteristics. Determined the rough test of plastic properties from experimental values of strength properties of basic building materials: thermoplastics, thermosetting plastic masses; wood structures from pine-tree, poplar, oak-tree; birch iron titanium alloy, steel of different grades, formations (mineral white, buhr, apatite, ancilla, alluvium, ect.).

K e y w o r d s: plastic properties, strength.

Сравнительная оценка пластичности наряду с прочностью играет основную роль в выборе материала, наиболее отвечающего заданным условиям работы и долговечности конструкций. В общей теории пластичности [1] рассматриваются пластические деформации, не зависящие от времени. Деформация реальных упруговязкопластичных тел обычно изучается в рамках теории ползучести и реологии на основе механических и математических моделей. Обоснование законов пластического деформирования и решение практических задач на их основе вызывает большие математические трудности.

До настоящего времени эффекты пластического и пластично-вязкого деформирования до конца не изучены. В практике, например, при решении устойчивости откосов ограничиваются приближенным определением области начала перехода в пластичное состояние, т.е. используют в основном хорошо разработанную теорию упругости.

Наиболее наглядны геометрические модели (или графики) изменения напряжений и соответствующих деформаций. Так, в теории пластичности рассматривается силовое поле, где напряженное состояние в данной точке выражено некоторым вектором, компоненты которого равны главным осевым напряжениям. Достаточно наглядны и так называемые круги Мора, где соотношение главных напряжений оценивается коэффициентом Лоде и Надаи, который изменяется в пределах $-1 \leq \mu \leq 1$.

Переход в пластичное состояние определяется некоторой константой (для данного материала) K . В известных интерпретациях соотношение напряжений при растяжении σ_p и предела текучести τ ограничено значениями

$$\frac{\sigma}{\tau} = 2\sqrt{3} \text{ (в соответствии с критерием Мизеса).}$$

Ниже предлагается относительная оценка пластических свойств материалов на основе аналогии процессов скольжения и сдвига с их геометрической интерпретацией и критериальным параметром соотношения прочностных характеристик.

Известные зависимости сил трения скольжения F от потенциала внешнего давления N (Ш. Кулона и Б. Дерягина) аналогичны простейшим уравнениями связи касательного τ и нормального σ напряжений. Эти уравнения трения $F = fN + C$ и $F = f(N + P_A)$, где P_A — сила адгезии, аналогичны уравнению прочности

$$l = \sigma_c \operatorname{tg} \varphi + C, \quad (1)$$

широко используемому в механике дисперсных тел. Коэффициент C , называемый часто сцеплением, может быть представлен в виде $C = f_2 P_k$. Здесь тангенциальное τ и нормальное σ напряжения являются предельными значениями удельных сил сопротивления скольжению и давлению на площади контакта, а тангенс угла трения φ — предельным значением деформационного слагаемого коэффициента трения f . Общая зависимость трения от внешнего и адгезионного (P_A) или когезионного (P_k) потенциалов имеет теоретическое обоснование в виде [2]

$$F = F_0 + f_1 N + f_2 P_{A(K)} / (N + P_{A(K)}), \quad (2)$$

где f_1 и f_2 — коэффициенты деформационного и адгезионного (или когезионного — при внутреннем скольжении слоев тела) слагаемых трения. Когезионный потенциал, как следствие ионно-молекулярной связи, аналогичен предельному напряжению растяжения.

Обоснование более общего уравнения связи между касательным сопротивлением сдвигу τ и нормальными напряжениями растяжению σ_p и сжатию σ_c определяет возможные физические состояния тел, вытекающие из общего уравнения трения (2).

Соответствующая аналогия с учетом физического смысла коэффициентов и силовых потенциалов выражения (2) дает уравнение

$$\tau = \tau_0 + f_1 \sigma_c + f_2 \sigma_c \sigma_p / (\sigma_c + \sigma_p). \quad (3)$$

Обозначим соотношение $\sigma_p / \sigma_c = a \leq 1$ и соотношение $1/(1+a) = \beta$, причем величина $0,5 \leq \beta \leq 1$.

Учитывая эти соотношения и введя обозначения коэффициентов $f_1 = \operatorname{tg} \varphi_1$, $\beta f_2 = \operatorname{tg} \varphi_2$, получаем уравнение, удобное для графического анализа возможных физических состояний тел:

$$\tau = \tau_0 + \sigma_c \operatorname{tg} \varphi_1 + \sigma_p \operatorname{tg} \varphi_2.$$

Здесь коэффициенты α , $\varphi_{1(2)}$ и соответствующие значения тангенсов углов $\operatorname{tg} \varphi_1$ и $\operatorname{tg} \varphi_2$ являются параметрами физического состояния тел при данном режиме изменения напряжений (скорости и времени нагружения). Физический смысл величины τ_0 определяется наличием потенциальной энергии тел, не зависящей от внешних сил вследствие реальной неоднородности физических свойств микрообъемов, их дискретности и различной ориентации вектора деформации.

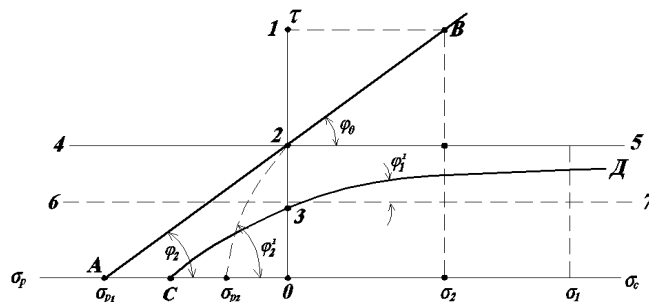
Уравнение (3) содержит пять независимых параметров, имеющих краевые ограничения. Согласно теории чисел количество физических состояний определяется числом перестановок (или комбинаций) параметров групп от 1 до 5.

Выполним оценку коэффициентов f_1 и f_2 . Из уравнения (3) получаем: $(\tau - \tau_0)/\sigma_c = f_1 + f_2\beta = f$. Если $\tau/\sigma \leq 1$, то сумма $f \leq 1$. Следует учесть, что для ряда материалов (некоторые пластики, композитные материалы и др.) опытные значения соотношения τ/σ могут превышать единицу. Эксперименты с различными минеральными образованиями дают значения $f_1 = 0,1 \dots 0,6$. По данным А. Ильюшина и В. Соколовского, соотношение $\sigma_{\min} \approx 1,08\tau_{\max}$ при $0,63 \leq \tau_{\text{ср}}/\tau_{\max} \leq 0,73$, а расчетно-экспериментальные значения f_2 могут быть больше единицы и достигать значений (для горных пород) $f_2 = 6$ [3]. Формально в области упругого деформирования коэффициент $f = \gamma/\varepsilon(1+\mu)$, где γ, μ, ε — соответственно относительные деформации при нормальном и касательном напряжении и коэффициент Пуассона. При изменении реологических констант тел в простейшем случае $f = (\tau - \tau_0)/(\sigma + tE\varepsilon^* + \eta\varepsilon^* + \varepsilon\eta^*)$. Здесь η — приведенная вязкость.

Уравнение связи может учитывать возможность появления критических значений напряжений $\sigma_{\text{кр}}$ и соответствующих пластических деформаций, когда при их достижении (на фоне других возможных энергетических воздействий) заметным скачком изменяются значения коэффициентов φ, α, f . В частном случае:

$$\tau = \tau_0 + f_1(\sigma_c \pm \sigma_{\text{кр}}) + f_2\beta(\sigma_p \mp \sigma_{\text{рк}}). \quad (4)$$

Примеры графиков физических состояний тел, вытекающих из уравнений (3) и (4), приведены на рисунке. Теоретическое число физических состояний (и соответствующих частных графиков) определяется известными из теории чисел формулами числа комбинаций и сочетаний шести варьируемых параметров уравнений (3) или (4). С учетом двух вариаций: минимально и максимально возможных значений каждого параметра — число возможных состояний равно 45. Все параметры или часть их могут иметь нулевые, предельно-критические или неопределенные значения.



Примеры графиков уравнения связи (3) $\tau = f(\sigma_p, \sigma_c)$

Линии A2B, C3D характеризуют деформируемые упругопластичные тела; линии 425 и 637 — пластичные несжимаемые тела; линия C37 — несжи-

маемое пластичное тело, деформируемое при растяжении; $\sigma_1; \sigma_2; \sigma_{p1}; \sigma_{p2}$ — частные значения предельных напряжений; φ_2^1, φ_1^1 — частные значения углов когезионного (внутреннего) и деформационного трения; линия А02В характеризует порошковый материал; линия АО — идеальную жидкость ($\tau = 0$).

За приближенный критерий пластичности предлагается соотношение

$$\varphi_{\Pi} = \frac{\tau_0 + f\sigma_c}{\sigma_c + \sigma_p}. \quad (5)$$

Величины φ_{Π} , рассчитанные согласно формуле (5) по экспериментальным значениям прочностных характеристик различных материалов с использованием литературных данных и опытов авторов, приведены в таблице. Возрастание φ_{Π} отражает снижение пластичных свойств. Для некоторых материалов с неполными данными прочностных параметров использовано теоретическое соотношение $\sigma_{p(c)} = \tau\sqrt{3}$.

Значения условного параметра пластичности φ_{Π} для различных материалов

Материал	Термопласты	Термореактивные пластмассы	Дерево				
			Осина	Сосна	Тополь	Дуб	Береза
φ_{Π}	$\leq 0,02$	$\leq 0,1$	0,15	0,18	0,16	0,2	0,6
Материал	Чугун	Титановый сплав	Стекло-волокно	Горные породы			
	Серый			Гипс	Известняк	Апатит	Кремне-фосфорит
φ_{Π}	0,6...0,7	0,155	0,18	0,2	0,5...0,7	0,8	0,9...1
Материал	Глина	Песок	Сталь				
			20Г	ЧОХН		Среднеуглеродистая	
φ_{Π}	$\leq 0,1...0,2$	0,75	0,33	0,34...0,4 закалка		0,33...0,46	

Полученные данные носят приближенный характер и удовлетворительно сходятся с реальными показателями пластично-прочностных свойств основных материалов. Расхождение может наблюдаться в случае направленного изменения структурной неоднородности материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. М. : Наука, 1989. 420 с.
2. Заднепровский Р.П. О коэффициенте трения скольжения тел различного физического состояния // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2006. № 6. С. 60—65.
3. Заднепровский Р.П., Трохимчук М.В. Об аномальных значениях соотношения параметров прочности горных пород в связи с оценкой процессов геодинамики // Многообразие современных геологических процессов и их инженерно-геологическая оценка : тр. Междунар. конф. М. : МГУ, 2009. С. 42—43.
1. Kachanov L.M. Osnovy teorii plastichnosti. M. : Nauka, 1989. 420 s.
2. Zadneprovskiy R.P. O koeffitsiente treniya skol'zheniya tel razlichnogo fizicheskogo sostoyaniya // Problemy mashinostroyeniya i nadyozhnosti mashin. 2006. № 6. S. 60—65.
3. Zadneprovskiy R.P., Trokhimchuk M.P. Ob anomal'nykh znacheniyakh sootnosheniya parametrov prochnosti gornykh porod v svyazi s otsenkoy protsessov geodinamiki // Mnogoobrazie sovremennykh geologicheskikh protsessov i ikh inzhenerno-geologicheskaya otsenka : tr. Mezhdunar. konf. M. : MGU, 2009. S. 42—43.

Поступила в редакцию в августе 2010 г.

© Заднепровский Р.П., Трохимчук М.В., 2010

УДК 691.32

М.А. Ахматов, С.Р. Лихов

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ БЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МОЩЕНИЯ

Приведен анализ влияния деструктивных природно-климатических воздействий и силовых факторов на причины разрушения бетонных мелкозернистых элементов мощения.

К л ю ч е в ы е с л о в а : мощение, мелкозернистые бетонные элементы мощения, эксплуатационные качества, технические требования; долговечность, химическая стойкость, разрушение бетонных плит мощения.

The article gives an analysis of destructive climatic effects and power factors in the destruction of fine-grained concrete paving elements. The most damage the surface of concrete paving elements is the top layer of road or sidewalk surface. Numerous examples of destruction in the form of cracking, frost and other destruction of small, concrete paving elements indicate that the crack resistance, frost resistance and water resistance of these products often do not meet the conditions of their operation. Therefore, they break down rapidly and are costly to repair, replacement and restoration. It was established that the reduction of concrete strength and its products is associated with the use of fillers, not relevant regulatory requirements on frost resistance and content of flour and clay impurities.

The article clearly demonstrated requirements for the concrete to flow to the mixture of materials, etc., which is the key research. Recommendations are given on the application of complex additives containing plasticizing component together with air-entraining or hydrophobe component, polypropylene, nylon or glass fibers with alkali in order to improve the technical properties of concrete.

Author substantiate the need to develop standard documentation for the production of paving elements and introduce quality control and for the rest of construction products.

K e y w o r d s: paving, fine-grained concrete paving elements, performance, technical requirements, durability, chemical resistance, destruction of concrete paving slabs.

Анализ условий работы сооружений и исследования свойств материалов заполнителя бетона показывают, что основными причинами разрушений являются природные и искусственные воздействия. Реакции материалов на силовые и средовые воздействия взаимосвязаны. При этом материалы, находящиеся в несущих и самонесущих изделиях и конструкциях, для которых актуальна проблема долговечности, испытывают одновременно физические, химические, биологические, климатические и другие несиловые и силовые воздействия. Анализ условий эксплуатации и причин появления дефектов на поверхности бетонных элементов мощения показывает, что наиболее повреждаемым является верхний слой дорожного или тротуарного покрытия.

Долговечность строительных материалов и изделий осуществляется путем выбора соответствующих компонентов бетона, применением мер по защите поверхности элементов. Однако эти меры не являются универсальными, также как бетон и железобетон — материалы не универсальные [1]. Установлено, что ориентированная количественная оценка агрессивного воздействия среды на материалы зависит от степени ее агрессивности. Даже при слабой степени агрессивности воздействия среды средняя скорость разрушения поверхностного слоя материала может достигать 0,2...0,4 мм/год, а снижение его прочности — 5 %. Поэтому целесообразно вести поиск, направленный к повышению долговечности материала мелкозернистых бетонных элементов покрытия, которые изнашиваются даже в нормальных влажностных условиях.

Многочисленные примеры разрушения в виде растрескивания, морозной и другой деструкции мелкогазбетонных элементов мощения на улицах и тротуарах городов, независимо от региона, свидетельствуют о том, что трещиностойкость, морозостойкость и водостойкость этих изделий часто не соответствуют условиям их эксплуатации, поэтому они интенсивно разрушаются и требуют больших затрат на ремонт, замену и восстановление. Это подтверждается, например, характером разрушений тротуарных плит пешеходной части ул. Чернышевского (г. Нальчик), на площади остановки маршрутных такси и автобусов, примыкающей к КБГУ, с высокой интенсивностью движения людских потоков (рис. 1). К этому следует добавить, что в период дождей направленный сток поверхностных вод несет грязевые смеси, мелкие камни, щебень, другие твердые предметы, что приводит к интенсивному истиранию увлажненной поверхности плит мощения, бортовых элементов, их растрескиванию, выкрашиванию бетона покрытий, способствующих снижению прочности и разрушению бетонных элементов покрытия дорог, площадей и тротуаров.



Рис. 1

В Кабардино-Балкарии весенне-осенние периоды года особенно отличаются повышенной сыростью и дождливой погодой, промышленные стоки и воды могут содержать самые различные примеси, в том числе кислоты и щелочи.

Степень минерализации рек и озер в республике сильно выражена, что способно вызвать частичное набухание бетона, особенно неплотного цементного бетона, вызывая выщелачивание извести

и других растворимых компонентов, что приводит к снижению долговечности материала покрытия.

Статистический анализ качества бетонов и бетонных изделий, выпускаемых различными предприятиями Кабардино-Балкарской Республики и Северного Кавказа, показывает, что при достижении требуемой прочности по нормам проектирования показатель долговечности и стойкости к средовым, деструктивным, температурным и внутренним знакопеременным силовым воздействиям, как правило, ниже нормативных, что значительно сокращает срок службы таких изделий, как дорожные плиты, бортовые камни, тротуарные плиты, ливнепроемные трубы и лотки.

Обследования выявили разрушения плит мощения на площадях, тротуарах г. Нальчика, элементов мощения пешеходных зон, во дворах и на детских площадках. Из-за застоя воды в зазорах между плитками повышается концентрация щелочных растворов, которые вследствие испарения влаги кристаллизуются в порах покрытия, не только оказывают химическое воздействие на бетонные элементы, но и способны вызвать в бетоне знакопеременные внутренние напряжения, приводящие к образованию в нем трещин и разрушению. В зимнее время, в неустойчивую погоду разрушение строительных материалов и изделий при попеременном замораживании и оттаивании характерно для всех открытых сооружений: плиточных покрытий дорог, тротуаров, площадей, бордюрного камня, работающих в условиях атмосферных воздействий.

вий с одновременным насыщением их влагой. Причем на бетон действуют не только температурное и влажностное поле, но и фазовые превращения воды в лед, оказывающие высокое гидравлическое давление на стенки пор и капилляров, вызывая напряжения растяжения, в результате приводя к снижению прочности бетона и его разрушению.

Установлено, что под давлением замерзающей воды и льда на стенки пор и капилляров цементный камень увеличивается от 1,0 до 2 мм/м в зависимости от свойств цемента и водоцементного отношения [2].

Снижение прочности бетона и изделий из него на заводах Кабардино-Балкарии связано с применением заполнителей, не соответствующих нормативным требованиям по морозостойкости и содержанию пылевидных и глинистых примесей. Морозостойкость бетона зависит от величины его общей пористости. Чем меньше общая пористость, тем выше морозостойкость, что достигается за счет оптимальной поровой структуры бетона на чистых или допускающих ограниченное количество загрязняющих примесей заполнителях по ГОСТ Р50298.2—92.

На прочность, трещинообразование и морозостойкость бетонов значительное влияние оказывают внутренние напряжения, связанные структурными усадочными напряжениями при твердении и температурными усадочными — при охлаждении. При изготовлении тротуарной плитки используются две технологии производства: вибропрессование жестких смесей с низким водосодержанием (низким В/Ц); вибролитье с использованием пластифицирующих добавок.

Какого-либо принципиального преимущества у каждого из этих методов нет, поэтому они существуют в режиме конкурентной борьбы. Однако обеспечение гарантированного качества тротуарной плитки легче достигается при использовании вибролитьевого метода с применением смесей с пластифицирующими добавками.

К тротуарной плитке, изготавливаемой по ГОСТ 17608—91 «Плиты бетонные тротуарные», предъявляются жесткие требования по морозостойкости (не менее 200 циклов замораживания и оттаивания), прочности (не менее 30 МПа), водопоглощению (не более 5 %) и истираемости (не более 0,7 г/см²). Поэтому создание материала требуемого качества начинается с подбора необходимых качественных бетонных смесей для его изготовления. Для приготовления бетона обычно используют портландцемент М500 (ГОСТ 10178—85), в клинкере которого содержание СЗА не должно превышать 8 %.

В качестве мелкого заполнителя следует применять строительные пески с модулем крупности не ниже 2, отвечающие требованиям ГОСТ 8736—93, а в качестве крупного заполнителя используют щебень из магматических горных пород (например, гранитный) фракции 5...10 мм, отвечающий требованиям ГОСТ 8267—82. Марка щебня по прочности при сжатии должна быть не ниже 1000, по морозостойкости не ниже 200, рекомендуемое содержание в щебне зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы не более 25 % по массе. Вода для бетонных смесей должна удовлетворять требованиям ГОСТ 23732—79.

Для повышения морозостойкости, прочности и улучшения технологических свойств бетона в бетонную смесь следует вводить комплексную добавку, содержащую пластифицирующий компонент (С-3 или ЛСТ) совместно с

воздухововлекающим или гидрофобизирующим (СНВ или ПСЖ-94) компонентом. Для повышения долговечности бетона, его изнosoустойчивости и сопротивления удару в бетон можно добавлять также полипропиленовые, полиамидные или стеклянные щелочестойкие волокна длиной 5...20 мм и диаметром 5...50 мкм в количестве 0,7...1,0 кг на 1 м³ бетона. Волокна, обладающие хорошей дисперсией, образуют в бетоне трехмерную решетку, которая значительно повышает силы сцепления в бетоне.

Объемы использования фигурных элементов мощения площадей, садово-парковых дорожек, остановок общественного транспорта постоянно растут, а вопросы эксплуатации и надежности их остаются открытыми. Рост потребления и производства определяется относительно невысокой себестоимостью, но высокими эстетическими качествами и простой технологией укладки [3].

Для изготовления плиток готовится мелкозернистая бетонная смесь, состав которой по данным производителя включает на 1 м³: песок Урванского карьера 1400 кг, цемент 700 кг, вода 240 л при В/Ц = 0,345 (табл. 1). Для улучшения формовочных свойств смеси использовали добавку — суперпластификатор С-3, которая, в отличие от широко используемой СДБ, не замедляет твердение бетона в раннем возрасте.

Формование изделий производилось на виброплощадке со стандартными параметрами вибрирования послойно, двумя равными по высоте слоями. Удобоукладываемость смеси, определенная по стандартной методике, составила 4...6 см. Твердение происходило в нормально-влажных условиях в течение 24...36 ч при температуре от 20 до 50 °С.

Т а б л и ц а 1

Состав бетона и расход материалов на замес

Расход материалов на 1 м бетона, кг				Водо-цементное отношение В/Ц	Жесткость бетонной смеси, см	Твердение			Кубиков. прочность $R_{сж}$, МПа
П	Ц	В	С-3			Условия	Температура, °С	Время тверд., ч	
1400	700	240	0,6	0,343	4...6	Норм.-влажн.	20...50	24...36	39

Были исследованы свойства применяемого заполнителя. По словам производителей, для этой цели используется крупный песок. Определение зернового состава (табл. 2) показало, что применяемый заполнитель не соответствует принятым для песка характеристикам. В нем содержатся фракции: крупнее 5 мм в объеме более 46,4 % и 10 мм — 8,6 %. Общее содержание таких фракций, а они относятся по существующей градации к щебню, составляет 55 %.

Т а б л и ц а 2

Физико-механические характеристики заполнителя

Группа песка	Истинная плотность, г/см ³	Насыпная плотность, кг/м ³	Пустотность, %	Полный остаток на сите 063, % по массе	Модуль крупности	Проходит через сито 014, % по массе
Крупный	2,6	1375	47,5	73,2	3,4	15,3

Наличие пылевидных, илистых и глинистых частиц ($< 0,14$ мм) превышает 15 %, т.е. значительно выше допускаемых по ГОСТ для таких заполнителей. Пустотность заполнителя близка к 50 %. В [1] установлено, что по модулю крупности пески Урванского карьера КБР относятся к средним. Средний диаметр зерен их не превышает 0,3 мм.

Результаты анализа дают основание утверждать, что при использовании таких заполнителей получить изделия с необходимыми качествами весьма сложно, о чем свидетельствует вид тротуарных плит у стоянки машин перед кафе «Мираж» (пр. Ленина) после 2...3 лет их эксплуатации (рис. 2). Поэтому большинство заводов для повышения долговечности бетона расходует около 700 кг цемента на 1 м³ бетонной смеси. Но и это не позволяет получить изделия с малой пористостью, которая для исследованных образцов превышает 15 %, что приведет к снижению морозостойкости изделий и их долговечности. Результаты по определению водопоглощения (около 7 %) образцов подтверждают указанные выводы. Коэффициент размягчения бетона не превышает $K_{\text{разм}} = 0,78...0,81$ [3].



Рис. 2

В результате исследований были определены также прочностные характеристики изделий (табл. 3). Для этой цели проведены следующие испытания: на сжатие контрольных образцов — кубов размерами 100×100×100 мм из такого же состава, что и плитки (серия 1), и образцов — кубов размерами 70×70×70 мм, изготовленных путем цементации половинок, вырезанных из плиток (серия 2); на сжатие образцов, как и в серии 2, но в водонасыщенном состоянии (серия 3) и определение прочности неразрушающим методом с помощью эталонного молотка Кашкарова в нормально-влажном (серия 4) и в водонасыщенном (серия 5) состоянии.

Т а б л и ц а 3

Прочность бетона на сжатие и сопротивляемость истиранию и размягчению

Средняя плотность, г/см ³	Пористость, %	Прочность бетона по сериям, МПа					Водопоглощение, %	Коэф. размягчения $K_{\text{разм}}$	Весовая истираемость, г/см ²
		1	2	3	4	5			
2,15	15	39	50	39,5	46	37,4	6,8	0,8	0,46

Одним из основных рассматриваемых свойств изделий является сопротивляемость истиранию. Для этой цели из плиток были вырезаны образцы размером 70×70 мм и испытаны по стандартной методике на истираемость. Степень весовой истираемости образцов плиток соответствует 0,46 г/см², что отвечает требованиям ГОСТ 17608—91. Анализ результатов исследований позволяет сделать следующие *выводы и рекомендации*:

1) изученные физико-механические свойства отсеков, являющихся отходами производства щебня, в качестве заполнителя по зерновому составу и содержанию примесей малопригодны для получения качественных изделий. Рекомендуется использовать качественный песок с модулем крупности $M_{\text{кр}}=1,4$ с добавками материалов из отсеков дробления или без них;

2) выявлено, что использование заводами и другими структурами для изготовления бетона некачественных отсевов как заполнителя приводит к двукратному и более превышению расхода портландцемента, что экономически не выгодно. Даже при использовании пластификатора и виброуплотнения при В/Ц= 0,343 пористость материалов оказалось более 15 %, а водопоглощение около 7 %. Большой объем цементного камня и высокая пористость материала определяют недостаточную водостойкость, характеризующуюся невысоким коэффициентом размягчения бетона $K_{разм} = 0,78...0,81$. Для снижения расхода цемента и повышения плотности бетона следует использовать добавки рыхлых порошкообразных вулканических пород (туфа, пепла), что доказано в исследованиях М.А. Ахматова [1];

3) характер поровой структуры и высокое водопоглощение позволяют сделать вывод о недостаточной морозостойкости и эксплуатационных качествах исследованных бетонных плит мощения из мелкозернистых бетонов на отсевах Урванского карьера Кабардино-Балкарии. Одностороннее замораживание пористого материала с миграцией воды из нижних слоев к холодной поверхности и образование линз льда приводит к поверхностному разрушению бетона — шелушению и отслоению, как видно из рис. 2. Из известных методов повышения морозостойкости бетона для рассматриваемого случая возможно использование непластифицирующей добавки С-3 для понижения водопотребности цемента и добавок, пластифицирующих воздухововлекающих типа СНВ или пластифицирующих газообразующих типа ГКЖ. Эти поверхностно-активные добавки, при прочих равных условиях, значительно повышают морозостойкость бетона путем создания направленных структур бетона;

4) примерно такая же картина складывается с качеством изготавливаемых фигурных элементов мощения у большинства производителей в республике. Так как спрос на данную продукцию из года в год растет и не только в частном секторе, но и в государственном, следовательно, необходимо разработать нормативную документацию на производство данной продукции и ввести контроль качества, как для остальной строительной продукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахматов М.А. Легкие бетоны и железобетонные конструкции на заполнителях из каменных отходов и рыхлых пористых пород. Нальчик : Изд-во КБГСХА, 2010. 166 с.
2. Чехов А.П. Коррозионная стойкость материалов. Днепропетровск : Промень, 1980. 190 с.
3. Ахматов М.А., Лихов С.Р. Эксплуатационные качества бетонных мелкозернистых элементов мощения // Надежные и долговечные строительные материалы, конструкции и основания фундаментов : мат. Междунар. конф., г. Волгоград. Волгоград : ВолгГАСУ, 2009. 30—35 с.

1. Akhmatov M.A. Lyogkiye betony i zhelezobetonnyye konstruksii na zapolnitelyakh iz kamennykh otkhodov i rykhlykh poristyykh porod. Nal'chik : Izd-vo KBGSKhA, 2010. 166 s.
2. Chekhov A.P. Korroziionnaya stoykost' materialov. Promen' : Dnepropetrovsk, 1980. 190 s.
3. Akhmatov M.A., Likhov S.R. Ekspluatatsionnyye kachestva betonnykh melkozernistykh elementov moshcheniya // Nadyozhnyye i dolgovechnyye stroitel'nyye materialy, konstruksii i osnovaniya fundamentov : materialy Mezhdunar. konf., g. Volgograd. Volgograd : VolgGASU, 2009. S. 30—35.

© Ахматов М.А., Лихов С.Р., 2010

Поступила в редакцию
в сентябре 2010 г.

УДК 621.762

В.А. Луговая, В.Д. Орешкин, Е.Т. Лобанова**ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ТВЕРДОСТЬ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ КАРБОБОРИДОВ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ**

Доказано, что высокие прочностные характеристики композиционных покрытий на основе тугоплавких соединений при отпуске достигаются за счет процессов распада остаточного аустенита и дисперсионного твердения.

К л ю ч е в ы е с л о в а: композиционное покрытие, дисперсионное твердение, твердость, износостойкость.

High durable characteristics of composite coatings based've refractory compounds during tempering is achieved through processes of decay of residual austenite and precipitation hardening.

К e y w o r d s: composite coating, aging, hardness, enduring quality.

Комплекс физико-механических свойств композиционных покрытий на основе карбоборидов тугоплавких металлов определяется структурой.

На процессы структурообразования оказывают влияние два фактора: химический состав наплавки и термическая обработка после наплавки.

Термическая обработка не ставит своей целью изменение химического состава, а сводится в основном к перераспределению элементов в металле путем нагрева и быстрого или медленного охлаждения в определенной среде. Результатом такого воздействия является изменение структуры.

Было исследовано влияние температуры и времени выдержки при повторном нагреве на фазовый состав, структуру и свойства наплавки, химический состав которых приведен в табл. 1. В состоянии наплавки данные композиции показали высокую износостойкость.

Т а б л и ц а 1

Химический состав наплавочных композиций

Условные обозначения	Химический состав, %									
	TiC	Ni	(Ti,Cr)B ₂	Сормайт	Cr ₃ C ₂	C	Ti	Cr	Ni	B
1. КТБТХС	25	—	25	50	—	3,6	14,3	44,7	1,5	8,3
2. КТБТХН15	60	15	25	—	—	6,7	33,4	10,4	12,6	6,3
3. КТБТХН30	50	30	20	—	—	6,1	36,2	9,6	24,8	7,8
4. КТКХН20	50	20	—	—	30	8,04	30,3	25,8	15,6	—

Металлографическим анализом наплавленного слоя установлено, что при наплавке всех рассматриваемых карбидно-боридных композиций на стальную поверхность получается матрично-армированная структура, т.е. структура с вязкой матрицей, армированной тугоплавкими карбидами, карбоборидами или боридами.

На рис. 1 показана микроструктура наплавки «2», образованной композицией 60 % TiC + 25 % (Ti, Cr) B₂ + 15 % Ni, в которой тугоплавкие соединения TiC и (Fe, Cr, Ti)₂₃ (C, B)₆ сцементированы высоколегированной аустенитно-мартенситной матрицей.

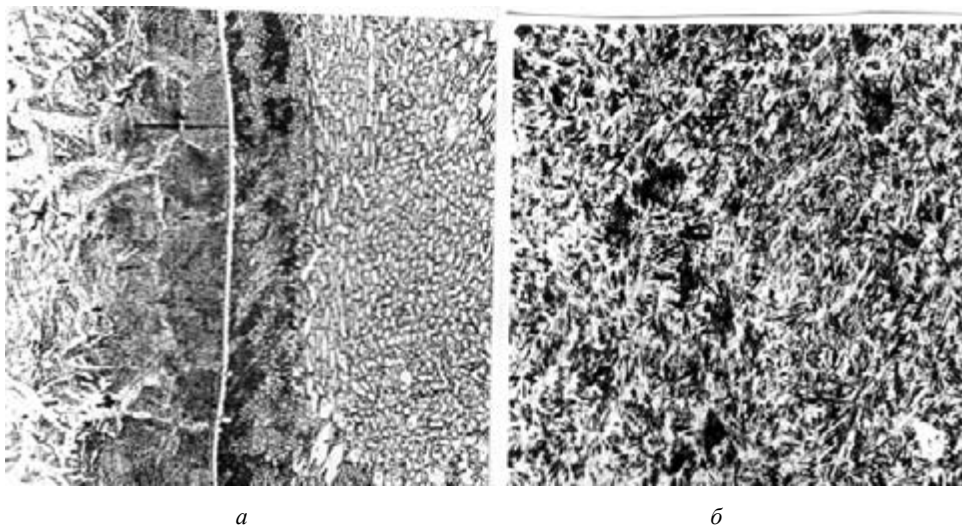


Рис. 1. Микроструктура наплавки на основе композиции 60 % TiC + 25 % (Ti, Cr) B₂ + 15 % Ni: а — наплавленный металл и линия сплавления, $\times 200$; б — аустенитно-мартенситная матрица, $\times 3000$

Термическая обработка наплавов проводилась по режиму: нагрев до температуры 300...700 °С, через каждые 100 °С выдержка в течение 1 ч, охлаждение на воздухе до комнатной температуры. Результаты исследований приведены на рис. 2.

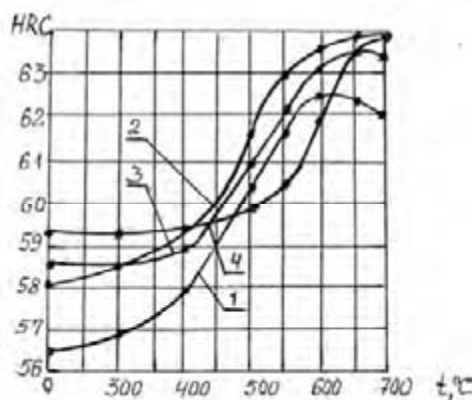


Рис. 2. Влияние температуры отпуска на твердость наплавленного слоя: 1 — 25 % TiC; 25 % (Ti,Cr)B₂; 50 % сормаита; 2 — 60 % TiC; 15 % Ni; 25 % (Ti,Cr)B₂; 3 — 50 % TiC; 30 % Ni; 20 % (Ti,Cr)B₂; 4 — 50 % TiC; 20 % Ni; 30 % (Ti,Cr)B₂

Выводы. С повышением температуры отпуска твердость наплавленных слоев возрастает.

При температурах отпуска 600...650 °С имеет место наибольшее увеличение твердости на 5...7 ед. HRC.

Рентгеноструктурным анализом и электронно-микроскопическими исследованиями были установлены изменения в структуре наплавленного слоя при повторном нагреве, на рис. 3 приведены рентгенограммы образцов после отпуска, записанные на ионизационном дифрактометре УРС-50ИМ в излучении меди, отфильтрованном никелем.

Согласно данным рентгеноструктурного анализа при температурах отпуска 300...700 °С происходит постепенный распад γ -фазы, причем аустенит отличается устойчивостью при нагревании до 700 °С, только при этой температуре после 2 ч выдержки рефлекс γ -фазы на рентгенограмме не обнаруживается.

Температура отпуска определяет полноту распада аустенита и соотношение в цементирующей фазе аустенита и мартенсита. От этого соотношения зависит твердость цементирующей фазы и ее способность удерживать твердые карбиды и карбобориды, т.е. износостойкость наплавленного металла в целом.

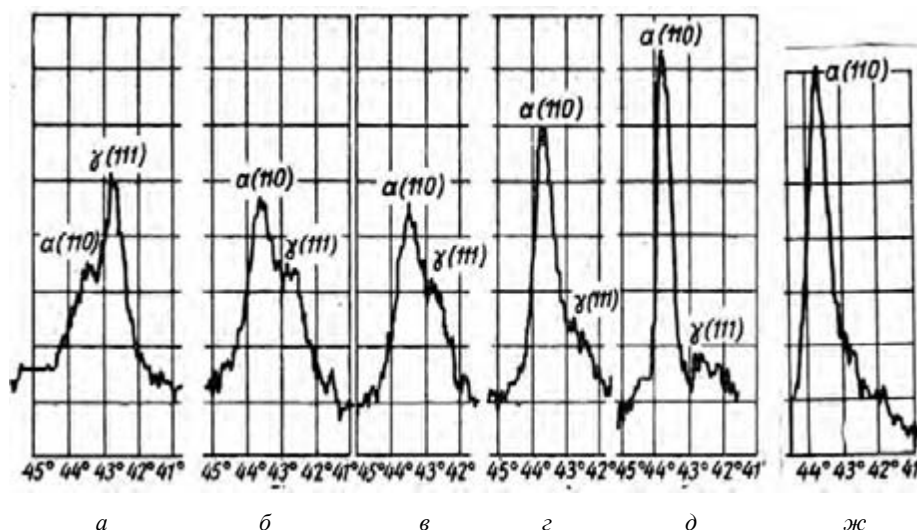


Рис. 3. Рентгенограммы наплавков после отпуска при температуре: а — 300 °С, 1 ч; б — 400 °С, 1 ч; в — 500 °С, 1 ч; г — 600 °С, 1 ч; д — 700 °С, 1 ч; ж — 700 °С, 2 ч

На рис. 4 приведены результаты электронномикроскопических исследований структуры наплавленного металла после отпуска 650 °С.

Наличие дисперсных частиц в структуре свидетельствует о протекании при отпуске процессов дисперсионного твердения.

Детальное изучение характера и условий дисперсионного твердения в наплавках на основе карбоборидов тугоплавких металлов осложняется трудностью точного учета распределения элементов между карбоборидами и твердым раствором. Специальные электронно-графические исследования дают основание утверждать, что дисперсионное твердение аустенита происходит в результате выделения дисперсных частиц Cr_{23}C_7 , $(\text{Ti}, \text{Cr})\text{B}_2$, $(\text{Cr}, \text{Fe})_{23}(\text{C}, \text{B})_5$.

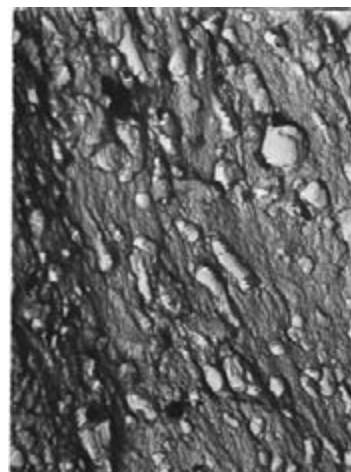


Рис. 4. Структура наплавленного металла после отпуска при 650 °С, $\times 15000$

В результате выделения дисперсных частиц:

возрастает твердость материала;

повышается сопротивление пластической деформации, так как степень легированности аустенита при выделении из него дисперсных частиц уменьшается, что облегчает превращение его в мартенсит;

уменьшается размер участков цементирующей фазы между частицами, что сводит к минимуму избирательный износ основы.

Для оценки влияния термической обработки наплавов на износостойкость были проведены сравнительные испытания на абразивное и аэроабразивное изнашивание. Результаты испытаний на абразивное изнашивание приведены в табл. 2, на аэроабразивное изнашивание — в табл. 3.

Результаты исследований, приведенные в табл. 2, показывают, что при абразивном износе термическая обработка наплавов повышает их износостойкость в 1,3...1,4 раза.

Т а б л и ц а 2

Относительная износостойкость карбидно-боридных наплавов при абразивном изнашивании

Наплавка	Относительная износостойкость ϵ	
	После наплавки	После наплавки и отпуска 600 °С
1. КТБТХС	1,78	2,34
2. КТБТХН15	2,3	3,12
3. КТБТХН30	2,14	3,0
4. КТКХН20	1,6	2,16
Промышленный сплав Т-590 (эталон)	1	—

Т а б л и ц а 3

Сопротивление изнашиванию аэроабразивным потоком карбидно-боридных наплавов

Наплавка	Угол атаки, град			
	30		90	
	Интенсивность износа К, см ³ /кгс			
	После наплавки	После наплавки и отпуска 600 °С	После наплавки	После наплавки и отпуска 600 °С
1. КТБТХС	0,0149	0,083	0,0245	0,0184
2. КТБТХН15	0,071	0,037	0,085	0,064
3. КТБТХН30	0,065	0,029	0,072	0,057
4. КТКХН20	0,038	0,0241	0,0611	0,046
Промышленный сплав Т-590 (эталон)	0,214	—	0,252	—

Согласно данным табл. 3, интенсивность аэроабразивного износа наплавов без термической обработки при угле атаки 30° и 90° не одинакова, при 90° является наиболее высокой. Термическая обработка снижает интенсивность изнашивания при углах атаки 30° в 1,7 раза, при более жестких углах атаки 90° — в 1,3 раза. Указанное свидетельствует о том, что после термической обработки сплавы имеют более прочную цементирующую связку, препятствующую «вырыванию» из наплавленного слоя твердых и износостойких карбоборидов (Fe, Cr, Ti)₂₃(C, B)₆ и карбидов Cr₂₃C₆.

Выводы. Наплавленные слои на основе карбоборидов тугоплавких металлов после отпуска при температуре 600...650 °С повышают твердость на 5...7 ед. HRC за счет процессов дисперсионного твердения.

Термическая обработка является целесообразной операцией, влияющей положительно на повышение физико-механических свойств, особенно на износостойкость сложнолегированных наплавов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Орешкин В.Д., Луговая В.А., Светлополянский В.И.* Особенности формирования структуры и свойств тугоплавких износостойких покрытий // Порошковая металлургия. 1986. № 8 (164). С. 90—97.
2. *Кязымов Ф.А., Орешкин В.Д., Лобанова Е.Т.* Взаимозависимость между износостойкостью карбоборидных покрытий и их физико-механическими свойствами // Металловедение и прочность материалов : межвуз. сб. научн. тр. / ВолгГТУ. Волгоград, 2001. С. 47—53.
3. Исследование свойств композиционных сплавов на основе карбидов // В.А. Быстров, А.В. Быстров, Г.Т. Дзоджев и др. // Свойства и испытания наплавленного металла. Киев : ИЭС им. Е.О. Патона, 1989. С. 131—135.
1. *Oreshkin V.D., Lugovay V.A., Svetlopolynskiy V.I.* Osobennosti formirovaniya stryktury i svoystv tygoplavkikh iznosostoykikh pokrytiy // Poroshkovaya metallurgiya. 1986. № 8 (164). S. 90—97.
2. *Kayzimov F.A., Oreshkin V.D., Lobanova E.T.* Vzaimozavisimost' mezhd u iznosostoykost'yu karbaboridnykh pokrytiy i ikh fiziko-mekhanicheskimi svoystvami // Metallovedeniye i prochnost' materialov : mezhvuz. sb. nauch. tr. / VolgGTU. Volgograd, 2001. S. 47—53.
3. Issledovaniye svoystv kompozitsionnykh splavov na osnove karbidov // V.A. Bistrov, A.V. Bistrov., G.T. Dzodzhev i dr. / Svoistva i ispytaniya naplavlennogo metalla. Kiev : IES im. E.O. Patona, 1989. S. 131—135.

© Луговая В.А., Орешкин В.Д., Лобанова Е.Т., 2010

Поступила в редакцию
в апреле 2010 г.

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 69:658.342

В.Н. Азаров, Н.С. Кузнецова, Л.В. Масюкова

ОСОБЕННОСТИ АТТЕСТАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ ПО УСЛОВИЯМ ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Рассмотрены особенности аттестации рабочих мест по условиям труда в строительном виде экономической деятельности по результатам практического опыта анализа и оценки условий труда с учетом специфичности выполняемых строительных работ.

К л ю ч е в ы е с л о в а: рабочее место, строительство, производственный фактор, аттестация.

The features assessment of work places under labour conditions in the building economic activity based on their practical experience in analysis and appraisal of labour conditions, taking into account the specificity of performed building activities. Umbrella and system approach to the evaluation of labour conditions at work places on joiner allows to manage process safety and reduce accident rate in this industry, and make the corresponding positive investment in improving the demographic home front.

K e y w o r d s: work place, building, factor of production, attestation.

Строительство — наиболее древняя сфера человеческой деятельности — всегда было сопряжено с опасностью возникновения аварии, увечья и гибели людей. Объективно это связано с характером и спецификой строительных и монтажных работ, которые в большинстве своем выполняются на открытом воздухе, в сложных природных и климатических условиях, на территории действующих промышленных предприятий. Значительная часть этих работ выполняется на высоте и под землей, что служит причиной воздействия на работников опасных и вредных производственных факторов [1].

Анализ производственного травматизма показывает, что строительство входит в число наиболее травмоопасных видов экономической деятельности. При этом коэффициент частоты производственного травматизма в строительстве (3,6) превышает данный показатель в целом по РФ (2,5) в 1,4 раза. В этой связи требуется повышенное внимание к вопросам безопасных условий труда.

Ответственность по обеспечению безопасных условий труда в соответствии со ст. 212 Трудового кодекса РФ возлагается на работодателя.

В целях проведения объективного контроля выполнения этой нормы той же статьей предписывается работодателям «проведение аттестации рабочих мест по условиям труда с последующей сертификацией работ по охране труда в организации».

Практический опыт проведения анализа и оценки условий труда показывает, что аттестация рабочих мест по условиям труда как установленная нормативными актами процедура является наиболее важным и системным средством для получения объективной оценки состояния параметров производственной среды работников строительной индустрии, занятых на работах с опасными и вредными условиями труда.

Аттестация рабочих мест по условиям труда предполагает проведение оценки условий труда на рабочих местах в целях выявления вредных и (или) опасных производственных факторов и осуществления мероприятий по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда [2].

Рассмотрим особенности аттестации рабочих мест по условиям труда в строительстве и использование этих результатов для снижения степени профессионального риска с учетом вероятности их возникновения и тяжести последствий.

В отличие от промышленности в строительстве рабочие места в основном являются нестационарными. Они перемещаются в пределах строящегося объекта, а также с одного объекта на другой. Мобильный характер рабочих мест, а также значительное разнообразие строительных объектов, применяемых технологий и методов производства работ значительно затрудняют обеспечение мер безопасности и соответственно проведение процедуры аттестации рабочих мест на строительных объектах [1].

«Порядок проведения аттестации рабочих мест по условиям труда», утвержденный Приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 31.08.2007 г № 569, предполагает следующую последовательность действий:

- 1) гигиеническая оценка условий труда (инструментальные измерения и оценка параметров вредных и опасных факторов трудового процесса);
- 2) оценка травмобезопасности рабочих мест;
- 3) оценка обеспеченности работников сертифицированными средствами индивидуальной защиты (далее СИЗ).

Структурная схема аттестации рабочих мест по условиям труда представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема аттестации рабочих мест по условиям труда

Нормативную базу проведения аттестации рабочих мест по условиям труда составляют:

Трудовой кодекс Российской Федерации;

нормативные правовые акты, содержащие государственные нормативные требования охраны труда, а также другие документы по охране труда, установленные постановлением Правительства РФ от 23.05.2000 г. № 399;

системы документов по охране труда, действующие в отдельных видах экономической деятельности [2].

Необходимо отметить, что при аттестации рабочих мест в строительном виде экономической деятельности (отрасли) применяются дополнительно:

отраслевой документ «Свод правил по проектированию и строительству СП 12-133-2000» «Безопасность труда в строительстве. Положение о порядке аттестации рабочих мест по условиям труда в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве», который не противоречит нормативным правовым актам в области охраны труда, но учитывает отраслевые особенности рабочих мест и условий труда;

Методическое руководство по проведению экспертной оценки безопасности нестационарных рабочих мест на строительных объектах МДС 12-28.2006, которое разработано в развитие СП 12-133-2000;

Положение о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве СП 12-133-2000 определяющее следующую последовательность этой процедуры: в первую очередь определяются опасные факторы, действие которых имеет максимальную степень риска в строительной индустрии (т.е. проводится оценка травмобезопасности рабочих мест) с учетом обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты (оценка обеспеченности работников СИЗ), затем осуществляется инструментальное измерение фактических уровней вредных производственных факторов (т.е. гигиеническая оценка условий труда).

Первоочередная роль оценки опасных факторов в строительстве связана, прежде всего, с месторасположением рабочего места, в т. ч.: на высоте; в зоне возможного падения перемещаемых краном грузов; в зоне возможного обрушения откосов котлована; в зоне возможного выделения взрывопожароопасных веществ. В описанных случаях в опасной зоне находятся многие работники, выполняющие работы различного характера.

Для конечной цели оценки травмобезопасности рабочих мест рекомендуется применять показатели профессионального риска, отнесенные к определенному классу, как это принято делать для вредных производственных факторов (оптимальные, допустимые, вредные (различных степеней вредности), экстремальные — недопустимые).

Исходя из вышеизложенного, аттестация рабочих мест по условиям труда в строительстве включает следующую последовательность выполнения процедуры:

- 1) оценка травмобезопасности рабочих мест;
- 2) гигиеническая оценка условий труда;
- 3) оценка обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты (далее — СИЗ).

Структурная схема аттестации рабочих мест в строительстве представлена на рис. 2.



Рис. 2. Структурная схема аттестации рабочих мест по условиям труда в строительстве

Анализ практических результатов аттестации рабочих мест по условиям труда показывает присутствие на рабочих местах не только опасных, но и вредных производственных факторов.

Примеры практических результатов аттестации рабочих мест по условиям труда в различных видах экономической деятельности строительства приведены в таблице.

Главной целью аттестации рабочих мест в строительстве является проведение оценки состояния условий и безопасности труда на рабочих местах, что служит основанием для предоставления работникам компенсаций за работу во вредных или опасных условиях труда, а также для подготовки мероприятий по совершенствованию безопасности труда на рабочих местах строителей [1].

Методическая документация экспертной оценки безопасности рабочих мест в строительстве рекомендует учитывать весь комплекс требований, предъявляемый к рабочим местам:

- организацию стройплощадки и рабочих мест;
- безопасность эксплуатируемых машин, оборудования, оснастки и инструмента;
- безопасность применяемых материалов, конструкций и изделий;
- безопасность выполнения различного характера работ (по видам строительно-монтажных работ);
- обеспеченность работников инструкциями по охране труда.

Оценка обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты проводится при наличии оценки факторов травмобезопасности рабочих мест и результатов гигиенической оценки.

Полученные в результате проведения аттестации практические данные позволяют сформулировать требования к работникам на рабочих местах, а также принять действенные меры по улучшению условий труда и повышению безопасности рабочих мест.

Примеры практических результатов аттестации рабочих мест по условиям труда в различных видах экономической деятельности строительства

№ п/п	Код ОКВЭД	Наименование рабочих профессий, код по ОК016-94	Опасные и вредные производственные факторы																	
			Биол.	Хим	Мк-Х	Мк-Т	АПФД	Вибрация- Лок.	Вибрация- Общ.	Инфразвук	Шум	ЭМП	Осв	Тяж	Нагр	Аэронон.	ТБ	СИЗ	КУТ	
1.	45.21.4	Производство общестроительных работ по прокладке местных трубопроводов, линий связи и линий электропередачи, включая взаимосвязанные вспомогательные работы																		
		Машинист трубоукладчика, 14277	—	3.1	2	3.1	—	3.2	2	2	3.2	—	2	2	2	—	2	+	3.2	
		Машинист катка самоходного с гладкими вальцами, 13755	—	3.1	2	3.1	—	2	2	2	3.3	—	2	2	2	—	3	+	3.3	
		Машинист экскаватора, 14388	—	3.1	2	3.1	—	3.2	2	2	2	—	2	2	2	—	2	+	3.2	
		Машинист гидромолота, 14338	—	3.1	2	3.1	—	2	3.2	2	3.3	—	2	2	2	—	2	+	3.3	
		Маляр, 13450	—	3.1	2	3.1	—	2	—	—	—	—	2	3.1	2	—	1	+	3.1	
2.	45.11.2	Производство общестроительных работ по возведению зданий																		
		Электросварщик 5 разряда, 19756	—	3.1	2	2	3.1	—	—	—	—	2	2	3.2	2	—	3	—	3.2	
		Слесарь строительный (объектов газового хозяйства) 5 разряда, 18576	—	—	2	2	—	—	—	—	—	—	2	2	2	—	3	—	2	
		Водитель автомобиля, 11442	—	3.1	2	2	—	2	2	2	2	—	2	3.1	3.2	—	2	—	3.2	
		Столяр строительный 4 разряда, 18880	—	—	2	2	—	—	—	—	3.2	—	3.1	3.1	2	—	3	—	3.2	
3.	74.20.31	Топографо-геодезическая деятельность																		
		Машинист буровой установки, 13590	—	—	2	3.1	—	3.1	—	—	2	—	2	3.1	2	—	2	—	3.2	
		Машинист компрессорных установок, 13775	—	—	2	3.1	—	—	—	—	3.2	—	2	3.1	2	—	2	—	3.2	
4.	45.21.51	Производство общестроительных работ по строительству гидроэлектростанций																		
		Машинист бульдозера, 13584	—	3.1	2	2	—	3.2	3.2	2	3.2	—	2	2	2	—	3	+	3.3	
		Тракторист, 19203	—	3.1	2	2	—	3.1	3.1	2	3.1	—	2	2	2	—	2	+	3.2	
		Машинист крана автомобильного, 13788	—	3.1	2	2	—	3.1	3.2	2	3.1	—	2	2	3.2	—	3	+	3.3	

Примечание. Анализ практических результатов аттестации рабочих мест по условиям труда показывает наличие значительных отклонений фактических параметров производственной среды (химический фактор, микроклимат, шум, вибрация общая, вибрация локальная, тяжесть трудового процесса) от нормативных значений.

Однако важна конечная цель оценки условий труда на рабочих местах в строительстве, которая должна быть направлена на установление прямой зависимости класса условий труда и степени профессионального риска.

Таким образом, комплексный и системный подход к оценке условий труда на рабочих местах в строительстве по результатам их аттестации позволит управлять процессом безопасности и снизить производственный травматизм в этой отрасли, внести соответствующий положительный вклад в улучшение демографической ситуации в стране.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методические документы в строительстве МДС 12-28.2006 «Методическое руководство по проведению экспертной оценки безопасности нестационарных рабочих мест на строительных объектах» // Консультант плюс : региональный информационный центр. Режим доступа: <http://www.infocom.su>. Дата обращения 26.07.2010.

2. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 31.08.2007 г. № 569 «Порядок проведения аттестации рабочих мест по условиям труда» // Консультант плюс : региональный информационный центр. Режим доступа: <http://www.infocom.su>. Дата обращения 26.07.2010.

1. Metodicheskiye dokumenty v stroitel'stve MDS 12-28.2006 "Metodicheskoye rukovodstvo po provedeniyu ekspertnoy otsenki bezopasnosti nestatsionarnykh rabochikh mest na stroitel'nykh ob'yektakh" // Konsul'tant plus: regional'nyy informatsionnyy tsentr. Rezhim dostupa: <http://www.infocom.su>. Data obrashcheniya 26.07.2010.

2. Prikaz Ministerstva zdravookhraneniya i sotsial'nogo razvitiya RF ot 31.08.2007 g. № 569 "Poryadok provedeniya attestatsii rabochikh mest po usloviyam truda" // Konsul'tant plus: regional'nyy informatsionnyy tsentr. Rezhim dostupa: <http://www.infocom.su>. Data obrashcheniya 26.07.2010.

© Азаров В.Н., Кузнецова Н.С., Масюкова Л.В., 2010

*Поступила в редакцию
в августе 2010 г.*

УДК 69:658.345

Н.С. Кузнецова, Л.В. Масюкова

АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

По результатам анализа и оценки условий труда ряда рабочих мест в строительной индустрии рассмотрена специфичная особенность и широкий спектр вредных и опасных производственных факторов в строительстве.

К л ю ч е в ы е с л о в а: строительство, производственный фактор, рабочее место.

According to the analysis and evaluation of labour conditions a number of working places in the construction industry is considered specific features and wide range of occupational hazards of production in building.

K e y w o r d s: building, facilitation of production, work place.

Строительная деятельность отличается целым рядом особенностей, вызывающих необходимость учитывать их при решении вопросов безопасности.

Несмотря на механизацию, эта отрасль все еще требует больших затрат ручного труда. И профессиональные риски, которым подвергаются работники, являются одними из самых значительных по сравнению с другими отраслями экономики.

Из-за особенностей работы на строительной площадке условия труда на рабочих местах очень часто меняются, изменяя и профессиональные риски, которым подвергаются работники. Кроме того, традиционно в этой отрасли работает большое количество мигрантов из стран с более низким уровнем заработной платы, принятых на работу неформально и краткосрочно [1].

Эта специфичность труда строителей определяет особенность подхода к определению перечня вредных и опасных производственных факторов на каждом рабочем месте, что на практике зачастую вызывает некоторую сложность.

В строительных организациях предлагается схема определения опасных и вредных производственных факторов в разрезе профессиональной деятельности рабочих строительной отрасли.

В соответствии со ст. 209 Трудового кодекса РФ [2]:

вредный производственный фактор — производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию;

опасный производственный фактор — производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме.

К вредным производственным факторам относятся:

физические — параметры микроклимата; параметры световой среды; неионизирующие электромагнитные поля (ЭМП); ионизирующие излучения; производственный шум, ультразвук, инфразвук; вибрация (локальная, общая); аэрозоли (пыли) преимущественно фиброгенного действия (АПФД) и т.д.;

химические — вредные вещества в воздухе рабочей зоны;

биологические — болезнетворные бактерии, микробы, вирусы; патогенные микроорганизмы — возбудители инфекционных заболеваний;

факторы трудового процесса — тяжесть и напряженность труда [3].

Из анализа результатов аттестации рабочих мест в строительной отрасли проведен мониторинг и разработана классификация вредных производственных факторов в зависимости от специфичных особенностей и с учетом характера выполняемых работ в строительстве (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

*Классификация вредных производственных факторов в строительстве
с учетом характера и условий выполняемых работ*

Вредные производственные факторы	Профессии рабочих	Характер выполняемых работ
<i>Физические факторы</i>		
1. Микроклимат 1.1. Температурный режим: переохлаждение, перегревание 1.2. Атмосферное давление: повышенное или пониженное 1.3. Влажность воздуха, атмосферные осадки с изменением температурного режима (повышенная влажность) 1.4. Ветер, скорость движения воздуха	Электрогазосварщик; машинист крана; каменщик; машинист крана автомобильного; машинист экскаватора; тракторист; дорожный рабочий; землекоп; машинисты автогрейдера; машинист бульдозера; бетонщик и др. Водолаз; горнорабочий; горнорабочий на маркшейдерских работах и др. Монтажник стальных и железобетонных конструкций; электромонтажник и др. Монтажник стальных и железобетонных конструкций; электромонтажник и др.	Строительные работы на открытом воздухе, работы в закрытых кабинах кранов и экскаваторов Водолазные работы при строительстве подводных сооружений, высокогорные строительные работы Верхолазные строительные работы Выполнение монтажных, электромонтажных работ на высоте
2. Параметры световой среды (недостаточное освещение, вызывающее постоянное напряжение зрения)	Малляр строительный; штукатур; облицовщик-плиточник; столяр строительный; электрогазосварщик; газосварщик; газорезчик; слесарь строительный; электрослесарь строительный; плотник и др.	Выполнение любых работ при недостаточной естественной или искусственной освещенности
3. Неионизирующие электромагнитные поля (ЭМП)	Электрогазосварщик; газосварщик; газорезчик и др.	Электро- и газосварочные работы
4. Ионизирующие излучения	Дефектоскопист рентгено-, гаммаграфирования	Гаммадефектоскопия и металлорентгено-скопия строительных материалов и конструкций
5. Производственный шум, инфразвук	Жестянщик; машинисты автомобильных, гусеничных или пневмоколесных башенных кранов; машинист бульдозера; машинист бетононасосной установки; машинисты специальной строительной техники; машинист катков самоходных с гладкими вальцами; машинист малярной станции передвижной; машинист растворосмесителя передвижного; машинист скрепера и др.	Работа с пневматическим инструментом, на деревообрабатывающих станках; работа вблизи вибрационных машин; работы на спецмашинах строительных
6. Вибрация общая, локальная (транспортная, транспортно-технологическая и технологическая)	Машинист крана; машинист крана автомобильного; машинист экскаватора; тракторист; машинист автогрейдера; машинист бульдозера; водитель автомобиля; бетонщик; асфальтобетонщик; дорожный рабочий и др.	Виброуплотнение бетонной смеси, работа на технологических машинах с повышенной вибрацией

Окончание табл. 1

Вредные производственные факторы	Профессии рабочих	Характер выполняемых работ
7. Аэрозоли (пыли) преимущественно фиброгенного действия	Аккумуляторщик; асфальтобетонщик; водитель автомобиля (грузового); газосварщик; газорезчик; жестянщик; дорожный рабочий; изолировщик на гидроизоляции; изолировщик на термоизоляции; маляр (строительный); штукатур; пескоструйщик; электрослесарь строительный; машинисты строительных машин и др.	Дробление, размол и транспортирование сыпучих строительных материалов, электросварка, пескоструйные работы
<i>Химические факторы</i>		
8. Вредные вещества в воздухе рабочей зоны, вызывающие общетоксичное, раздражающее, канцерогенное и другие отрицательные воздействия на организм работников	Асфальтобетонщик; аккумуляторщик; водитель автомобиля; газосварщик; газорезчик; жестянщик; дорожный рабочий; изолировщик на гидроизоляции; изолировщик на термоизоляции; маляр (строительный); штукатур; плотник; машинисты строительных машин и др.	Отделочные работы, асфальтобетонные и кровельные работы с использованием битумных мастик, пропитка древесины специальными составами
<i>Биологические факторы</i>		
9. Болезнетворные бактерии, микробы, вирусы, патогенные микроорганизмы	Слесарь-сантехник; уборщик служебных и производственных помещений (уборка санузлов); землекоп; машинист экскаватора; машинист бульдозера и др.	Ремонт и обслуживание канализационных систем; земляные работы на участках с возможным патогенным заражением почвы (свалки, скотомогильники, кладбище и т.д.)
<i>Тяжесть трудового процесса</i>		
10. Физическая динамическая нагрузка: масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную; стереотипные рабочие движения; статическая нагрузка; рабочая поза; наклоны корпуса; перемещение в пространстве	Асфальтобетонщик; аккумуляторщик; водитель автомобиля (грузового); газосварщик; газорезчик; грузчик; жестянщик; дорожный рабочий; изолировщик на гидроизоляции; изолировщик на термоизоляции; маляр (строительный); штукатур; плотник; машинисты строительных машин и т.д.	Тяжелые работы, выполняемые вручную: погрузочно-разгрузочные, буровзрывные, каменные, кровельные, отделочные, дорожные и др.
<i>Напряженность трудового процесса</i>		
11. Эмоциональные нагрузки	Водитель автомобиля; машинист бетононасосной установки; машинист бетоносмесителя передвижного; машинист бурово-крановой самоходной машины; машинист машин для забивки и погружения свай; водитель погрузчика	

К **опасным** относятся такие производственные факторы, воздействие которых на работника может привести к его травме:

механическое воздействие движущихся предметов, механизмов или машин, а также неподвижных их элементов на рабочем месте;

падение (падение на человека различных предметов и падение человека в результате подкальзывания, запинания, падения с высоты или внезапного ухудшения здоровья);

воздействие электрического тока;

воздействие агрессивных и ядовитых химических веществ;

термического воздействие нагретых (охлажденных) элементов оборудования, перерабатываемого сырья и других теплоносителей [4].

Особенностью классификации опасных производственных факторов в строительстве является учет следующих параметров организации каждого рабочего места:

индивидуальное или коллективное (по количеству занятых на рабочем месте работников);

стационарное или нестационарное (по характеру его подготовки и необходимости перемещения в пространстве);

профессиональные или технологические признаки (по наименованию профессий работников или виду выполняемых работ);

местонахождение;

состав применяемого в работе оборудования;

перечень используемых материалов и конструкций, используемых при выполнении производственного процесса.

Так как в строительной отрасли большая часть рабочих мест относится к категории нестационарных, большое значение имеет дополнительный признак границы опасных зон, в которых может находиться работник как при выполнении своих трудовых обязанностей, так и при перемещении, связанном с технологическим процессом [5].

С учетом всех вышеуказанных признаков организации рабочего места в строительстве и характера выполняемых работ разработана классификация опасных производственных факторов (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

*Классификация опасных производственных факторов в строительстве
с учетом характера и условий выполняемых работ*

Опасные производственные факторы	Примеры строительных профессий
1. Зоны постоянно действующих опасных производственных факторов	
1. Места вблизи от неогражденных перепадов по высоте 1,3 м и более	Арматурщик, бетонщик, землекоп, изолировщик на гидроизоляции, изолировщик на теплоизоляции, каменщик, кровельщик по стальным кровлям, кровельщик по различным видам кровельного материала, маляр (строительный), машинист крана (крановщик), электромонтажник, электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования
2. Движущиеся машины, их рабочие органы, передвигаемые предметы	Арматурщик, асфальтобетонщик, бетонщик, водитель автомобиля, дорожный рабочий, жестянщик, землекоп
3. Места вблизи от неизолированных токоведущих частей электроустановок	Аккумуляторщик, машинист компрессора передвижного с электродвигателем
4. Обрушающиеся горные породы	Дорожный рабочий, землекоп, машинист автогрейдеров, машинист бульдозера, машинист скрепера
5. Самопроизвольное обрушение строительных конструкций, подмостей	Арматурщик, бетонщик, машинист бетононасосной установки; машинист бетоносмесителя передвижного, машинист бурильно-крановой самоходной машины
6. Падение материалов и конструкций	Арматурщик
7. Опрокидывание машин, средств подмачивания	Машинист автовышки и автогидроподъемника, машинист автомобильных, гусеничных и пневмоколесных кранов, машинист башенных кранов, машинист экскаватора
8. Острые углы, кромки	Арматурщик, бетонщик, жестянщик

Окончание табл. 2

Опасные производственные факторы	Примеры строительных профессий
2. Опасные факторы, связанные с характером выполняемых работ	
9. Верхолазные работы и работы на подмостях с перемещаемым рабочим местом	Монтажник наружных трубопроводов, монтажник стальных и железобетонных конструкций, монтажник внутренних санитарно-технических систем и оборудования, облицовщик-плиточник, маляр (строительный), кровельщик по различным видам кровли, электромонтажник и др.
10. Стropальные работы	Такелажник, такелажник на монтаже, стропальщик
11. Погрузочно-разгрузочные работы с применением грузоподъемных кранов и транспортных средств	Грузчик; такелажник, такелажник на монтаже, стропальщик, водитель автопогрузчика, машинист автомобильных, гусеничных и пневмоколесных кранов
12. Работы антикоррозийные	Пескоструйщик
13. Малярные, шпатлевочные работы	Маляр, шпатлевщик
14. Работы, связанные с эксплуатацией мобильных машин и транспортных средств	Машинист бульдозера, машинист экскаватора, машинист автогрейдера, машинист автовышки и автогидроподъемника, машинист автомобильных, гусеничных и пневмоколесных кранов, машинист башенных кранов и др.
15. Работы, связанные с эксплуатацией стационарных машин	Плотник, слесарь строительный, столяр
16. Электросварочные и газопламенные работы	Электрогазосварщик, электросварщик, газосварщик, газорезчик
17. Работы по разборке зданий и сооружений при их реконструкции или сносе	Взрывник, кровельщик по различным видам кровли, машинист крана автомобильного, машинист бульдозера и др.
18. Земляные работы	Землекоп, машинист экскаватора, машинист бульдозера
19. Буровые работы и устройство искусственных оснований	Моторист буровой установки; бурильщик капитального ремонта скважин; машинист машин для забивки и погружения свай
20. Бетонные работы	Бетонщик, арматурщик, цементаторщик и др.
21. Монтажные работы	Монтажник наружных трубопроводов, монтажник стальных и железобетонных конструкций, монтажник внутренних санитарно-технических систем и оборудования и др.
22. Каменные работы	Каменщик
23. Отделочные работы	Маляр, штукатур, облицовщик-плиточник
24. Изоляционные работы	Изолировщик, изолировщик-пленочник, изолировщик на гидроизоляции, изолировщик на термоизоляции и др.
25. Заготовка и сборка деревянных конструкций	Плотник, столяр (строительный)
26. Кровельные работы	Кровельщик по различным видам кровли
27. Монтаж инженерного оборудования зданий и сооружений	Монтажник наружных трубопроводов, монтажник стальных и железобетонных конструкций, монтажник внутренних санитарно-технических систем и оборудования и др.
28. Электромонтажные и наладочные работы	Электромонтажник, аккумуляторщик, электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования, электрослесарь и др.
29. Работы по проходке горных выработок	Проходчик; проходчик на поверхностных работах, монтажник горного оборудования и др.

Рассмотрев все перечисленные опасные и вредные производственные факторы в строительстве, приходим к выводу, что стратегия каждой строительной организации должна базироваться на высоком уровне понимания того, что здоровье работников и безопасность рабочих мест является системным элементом современного конкурентоспособного бизнеса.

В соответствии с требованиями ст. 212 Трудового кодекса Российской Федерации, обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда возлагаются на работодателя [2].

Предупреждение воздействия опасных и вредных производственных факторов на работников в процессе трудовой деятельности является одним из наиболее важных элементов системы управления охраной труда в организациях строительной отрасли.

Идентификация производственных опасностей рабочих мест в строительстве является главной и наиболее сложной составляющей процесса, направленного на создание здоровых и безопасных условий труда, но результат этой достаточно сложной и кропотливой работы способствует сокращению производственного травматизма, что положительно влияет на повышение производительности труда и, следовательно, на экономический рост организации, а в конечном итоге на финансовое благосостояние каждого работника.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Доклад МОТ к Всемирному дню охраны труда, Женева, 2005 г. [Электронный ресурс] // Официальный сайт Бюро МОТ для стран Восточной Европы и Центральной Азии. Режим доступа: <http://www.ilo.org/public/russian/region/eurpro/moscow/areas/safety/worlddday.htm>.
 2. Трудовой кодекс Российской Федерации (Федеральный закон от 30.12.01 № 197-ФЗ, с изменениями на 01.01.2010 г.) // «Консультант плюс» : региональный информационный центр. Режим доступа: <http://www.infocom.su>. Дата обращения 26.07.2010.
 3. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Руководство 2.2.2006-05 // «Консультант плюс» : региональный информационный центр. Режим доступа: <http://www.infocom.su>. Дата обращения 26.07.2010.
 4. Методические указания «Оценка травмобезопасности рабочих мест для целей их аттестации по условиям труда» : утв. членом коллегии, руководителем Департамента условий и охраны труда Министерства труда и социального развития РФ от 30 июля 1999 г. № МУ ОТ РМ 02-99 // «Консультант плюс» : региональный информационный центр. Режим доступа: <http://www.infocom.su>. Дата обращения 26.07.2010.
 5. Методические документы в строительстве МДС 12-28.2006 «Методическое руководство по проведению экспертной оценки безопасности нестационарных рабочих мест на строительных объектах» // «Консультант плюс» : региональный информационный центр. Режим доступа: <http://www.infocom.su>. Дата обращения 26.07.2010.
1. Doklad MOT k Vsemirnomu dnyu okhrany truda, Zheneva, 2005 g. [Elektronnyy resurs] // Ofitsial'nyy sayt Byuro MOT dlya stran Vostochnoy Evropy I Tsentral'noy Azii. Rezhim dostupa: <http://www.ilo.org/public/russian/region/eurpro/moscow/areas/safety/worlddday.htm>.
 2. Trudovoy kodeks Rossiyskoy Federatsii (Federal'nyy zakon ot 30.12.01 № 197-FZ, s izmeneniyami na 01.01.2010 g.) // Konsul'tant plus: regional'nyy informatsionnyy tsentr. Rezhim dostupa: <http://www.infocom.su>. Data obrashcheniya 26.07.2010.
 3. Rukovodstvo po gigiyenicheskoy otsenke faktorov rabochey sredy i trudovogo protsessa. Kriterii i klassifikatsiya usloviy truda. Rukovodstvo 2.2.2006-05 // Konsul'tant plus: regional'nyy informatsionnyy tsentr. Rezhim dostupa: <http://www.infocom.su>. Data obrashcheniya 26.07.2010.
 4. Metodicheskiye ukazaniya "Otsenka travmobeзопасnosti rabochikh mest dlya tseley ikh attestatsii po usloviyam truda" : utv. chlenom kollegii, rukovoditrlm Departamenta usloviy i okhrany truda Ministerstva truda i sotsial'nogo razvitiya RF ot 30 iyulya 1999 g. № MU OT RM 02-99 // Konsul'tant plus: regional'nyy informatsionnyy tsentr. Rezhim dostupa: <http://www.infocom.su>. Data obrashcheniya 26.07.2010.
 5. Metodicheskiye dokumenty v stroitel'stve MDS 12-28.2006 "Metodicheskoye rukovodstvo po provedeniyu ekspertnoy otsenki bezопасnosti nestatsionarnykh rabochikh mest na stroitel'nykh ob'yektakh" // Konsul'tant plus: regional'nyy informatsionnyy tsentr. Rezhim dostupa: <http://www.infocom.su>. Data obrashcheniya 26.07.2010.

Поступила в редакцию в сентябре 2010 г.

©Кузнецова Н.С., Масюкова Л.В., 2010

УДК 628.511.133:691.002

Н.С. Пономарева

КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛОВОЙ ПЫЛИ В ВОЗДУХЕ РАБОЧИХ ЗОН И ВЫБРОСАХ В АТМОСФЕРУ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

Рассмотрен вопрос обеспыливания рабочей зоны и выбросов в атмосферу предприятий строительной индустрии. В результате исследования предложено расположение местных отсосов под источником пылевыведения или сбоку. Приведена методика определения интенсивности пылевыведений от технологического оборудования.

К л ю ч е в ы е с л о в а: рабочая зона, обеспыливание, системы аспирации, местные отсосы, интенсивность пылевыведения.

The question of dust control work point and atmospheric emission of construction industry enterprises considered. The efforts suggested that the captor hoods under local source of dust release or the side. The technique for determining the intensity of dust emission from the fabrication system is given.

K e y w o r d s: work point, dust removal, aspiration systems, captor hood, intensity of dust emission.

Основные схемы производства строительных материалов включают добычу, доставку, измельчение (дробление, помол), рассев сырья, перемешивание основного сырья с добавками и другими связующими веществами, прессование, сушку и в большинстве случаев обжиг изделий. Процесс производства обычно заканчивается сортировкой (отбраковкой) изделий, а при получении конечного продукта в виде сыпучего материала — механической упаковкой его в тару. Для этих систем производства характерно наличие ленточных транспортеров большой протяженности и других транспортных устройств, а также установок для перемешивания материалов с различной степенью измельчения, влажностью и температурой.

Пыль выделяется почти на всех этапах производства мела и изделий из него. Наибольшее количество пыли образуется при приемке сырья на складах, дроблении и помоле, обжиге измельченного сырья, просеве, транспортировании и погрузке [1]. При отсутствии или несовершенстве систем аспирации концентрация пыли в воздухе рабочей зоны может в разы превышать нормативные значения.

При производстве мела и изделий из него неблагоприятные условия труда чаще всего обуславливаются повышенной концентрацией пыли в воздухе производственных помещений. Для борьбы с пылью необходимо все технологическое и транспортное оборудование, в котором образуется пыль, заключать в герметические сплошные металлические кожухи с плотно закрываемыми смотровыми и ремонтными люками, дверцами и другими отверстиями. В местах образования пыли и газов следует устраивать местную аспирацию для удаления пыли непосредственно из точек их образования, а общеобменную вентиляцию необходимо ориентировать на борьбу с вредными выделениями, которые не были уловлены местной вытяжной вентиляцией. Пароотводящие трубы из варочных котлов, сушильных барабанов и других агрегатов надо присоединять к пылеочистным системам, чтобы выбрасываемый в атмосферу воздух имел концентрацию пыли до 50 мг/м³.

Так как общеобменная вентиляция малоэффективна при пылеулавливании, то в борьбе с пылевыведениями в производственных помещениях местная вытяжная вентиляция играет решающую роль. Местные отсосы следует устраивать в производственных помещениях у всех точек пыления: технологического оборудования, столов сортировки сырья, мест пересыпки пылевидных материалов с конвейера на конвейер, мест перегрузки, дозирования, смешения, упаковки в мешки и другую тару, весов и т. д.

Одной из причин неудовлетворительной работы систем аспирации в цехах является неправильный подбор местных отсосов и завышенные или заниженные величины аспирационных расходов. Завышенные значения приводят к большому уносу пыли из технологического оборудования, и в результате неэффективной очистки аспирационные установки выбрасывают в атмосферу значительное количество пыли. Заниженные значения приводят к тому, что от технологического оборудования поступает в рабочую зону значительное количество пыли. Недостаточный объем удаляемого системой аспирации воздуха приводит к превышению фактической концентрации пыли над ПДК. Значительное увеличение объемов аспирируемого воздуха может приводить к повышению стоимости эксплуатации пылегазоочистного оборудования. Для определения необходимых расходов воздуха, отсасываемого от оборудования, в качестве базового применяется экспериментальный подход, рекомендуемый В.Н. Посохиным [2], в котором расчетная интенсивность отсоса соответствует ситуации, когда параметры воздуха в зоне дыхания равны нормируемым.

Эффективная работа местных отсосов возможна при соблюдении определенных размерных соотношений. Скорости по всей плоскости входного отверстия должны быть достаточно равномерны. Обеспечение практической равномерности достигается, если угол раскрытия зонта составляет не более 60° . При этом высота зонта получается достаточно большой. В случае невозможности установки в помещении зонта такой высоты или при большой длине источника вредных выделений следует устраивать так называемый групповой вытяжной зонт, состоящий из нескольких зонтов [3]. Проектируемые вытяжные зонты рекомендуется снабжать свесами (ширмами). Наличие свесов уменьшает подтекание воздуха к отсосу, позволяет приблизить вытяжное отверстие к источнику вредностей, увеличивает устойчивость конвективной струи по отношению к сносящим потокам. Таким образом, использование свесов ведет к выполнению рекомендаций по повышению эффективности работы местных отсосов, приведенных в [4].

Скорости всасывания в пространстве между источником вредностей и отверстием местного отсоса должны быть достаточно велики, чтобы противостоять поперечным токам воздуха в помещении, которые могут изменить траекторию конвективной струи, уменьшить величину коэффициента улавливания и тем самым снизить эффективность отсоса. Чтобы сносящие потоки не оказывали отрицательного влияния на конвективные, обычно приходится увеличивать расход воздуха, удаляемый отсосом, что ведет к повышению скоростей в спектре всасывания. Определенным недостатком местных отсосов являются трудности в обеспечении таких траекторий потоков вредностей, чтобы они не проходили через зону дыхания работающих.

На предприятиях по производству и применению мела и изделий из него были внедрены местные отсосы в местах дозирования, смешения, упаковки в мешки. Наряду с проведением технологических мероприятий это позволило снизить концентрацию меловой пыли в воздухе рабочей зоны с 3...5 ПДК_{рз} до 0,7...1 ПДК_{рз}.

По результатам натурных исследований местные отсосы более эффективны при расположении не над источником пылевывделений, а под ним или сбоку (рис. 1).

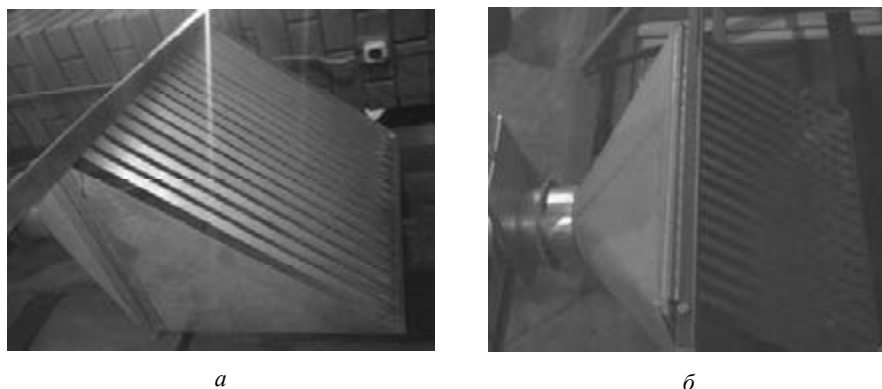


Рис. 1. Расположение местных отсосов: *а* — под источником пылевывделений; *б* — сбоку источника пылевывделений

Для определения эффективности работы систем аспирации, а также расчета систем аспирации и разработки эффективных мер по борьбе с выделяющимися вредностями необходимо знать величину пылевывделений от технологического оборудования [5].

Количество меловой пыли, выделяющейся, например, от оборудования цеха мелового завода, может достигать 100 кг в сутки на один поток. Однако распределить эту цифру по отдельным аппаратам затруднительно вследствие того, что значительное количество неплотностей в оборудовании не позволяет четко определить место пыления и количество меловой пыли, поступающей в атмосферу цеха.

Если будет известна величина пылевывделений от конкретных узлов пылящего оборудования, то появляется возможность оценить степень герметичности оборудования и эффективность работы аспирационных систем [5].

Суммарная величина пылевывделений в цех M , г/ч, выразится формулой

$$M = M_1 + M_2 + M_t, \quad (1)$$

где M_1 — количество пыли, уносимой вентиляционными и аспирационными системами, г/ч; M_2 — количество пыли, уносимой через проемы помещения, г/ч; M_t — количество пыли, оседающей на пол и технологические площадки цеха, г/ч.

Для определения интенсивности пылевывделения от технологического оборудования может быть использована величина плотности пылеоседания $\bar{G}$. Количество пыли, выбивающейся от источника пыления, определяется как сумма масс пыли, осевшей на участках поверхности пола, т.е.

$$M_{\text{то}} = (\overline{G}_1 F_1 + \overline{G}_2 F_2 + \overline{G}_3 F_3 + \dots + \overline{G}_n F_n) = \sum_{i=1}^n \overline{G}_i F_i, \quad (2)$$

где $i = \overline{1-n}$ — количество участков поверхности оседания пыли; F_i — площадь участка поверхности оседания, м^2 .

Чтобы посчитать интенсивность пылеоседания на поверхность пола производственного помещения, вначале определяется направление движения пыли. Для этого, например, на расстоянии 1,5...2 м от источника пыления по окружности через угол $\pi/4$ расставляются тарелочки-ловушки, на которых осажается пыль.

Методика [5] позволяет с инженерной точностью определять количество пыли, выбиваемой из оборудования, при величине плотности пыли, осаждающейся на поверхности пола и технологических площадках, в пределах 0,1...100 $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Успешное проведение испытаний и получение объективных результатов зависит от своевременного и правильного осуществления подготовительных работ и организации проведения испытаний. Для этого необходимо выявить основные места пыления технологического оборудования.

Для оценки закономерностей распространения пыли, выбиваемой от технологического оборудования, принята интенсивность оседания пыли G_0 . Эта величина представляет собой количество пыли, осевшей на 1 м^2 площади в единицу времени.

Осевшая в каждой из тарелочек пыль взвешивается, и определяется интенсивность пылеоседания по формуле [5]

$$G_0 = \frac{G}{F\tau}, \quad (3)$$

где G — количество пыли, осевшей на тарелочке, кг ; F — площадь тарелочки, м^2 ; τ — время нахождения тарелочки в зоне пылеоседания, ч .

Зону пылеоседания фиксированного источника делят на два сектора с углом раскрытия $\pi/4$, т.е. получают по два сектора с минимальным и максимальным оседанием пыли [5]. Затем проводят основные замеры, в результате которых определяют количество пыли, выбиваемой из оборудования. Для этого в каждом из секторов пылеоседания намечают не менее трех дуг. На каждой дуге ставится по три ловушки. Время нахождения ловушек в зоне оседания не менее трех часов. Схемы размещения ловушек представлены на рис. 2 и 3.

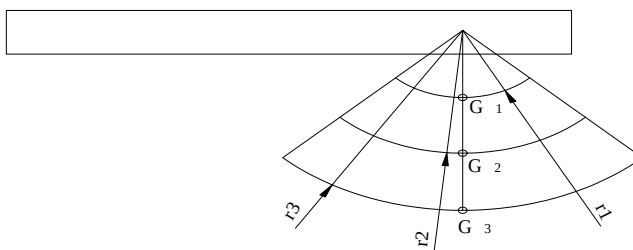


Рис. 2. Схема размещения ловушки для плоских источников пыления при проведении основного замера для определения интенсивности пылеоседания

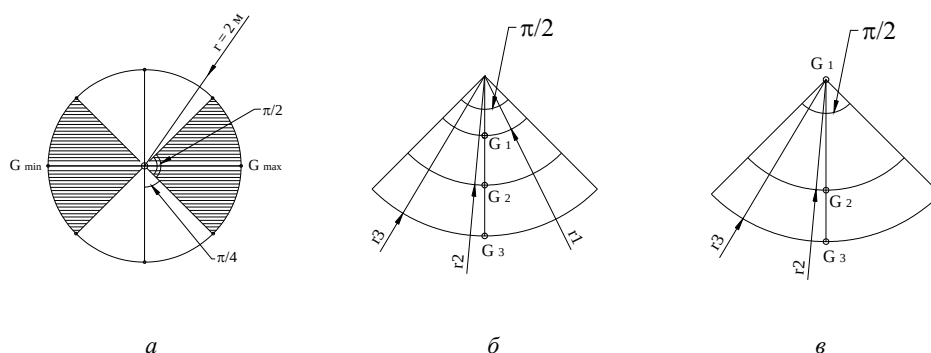


Рис. 3. Схема размещения ловушек для определения пылеоседания: *а* — первичный замер; *б, в* — основной замер; $\circ$ — ловушки

Осевшая в каждой тарелочке пыль взвешивается, и определяется средняя плотность распространения пылеоседания для каждого радиуса.

Замеры интенсивности пылеоседания проводились в цехе по производству мела. Исследовались места визуально наблюдаемого выделения пыли: самотечный транспорт; неаспирируемое оборудование; оборудование, подключенное к неэффективно работающей системе аспирации.

Анализируя экспериментальные данные, можно выделить следующие случаи расположения источников пылевыведений:

- одиночный нестесненный источник;
- одиночный источник, стесненный стеной с одной стороны;
- два близкорасположенных нестесненных источника;
- два близкорасположенных источника, один из которых стеснен стеной;
- два близкорасположенных источника, стесненных стеной с одной стороны.

Анализируя результаты замеров интенсивности пылевыведения (табл.) из оборудования, можно сделать вывод, что у одноименных единиц оборудования, находящихся в разных отделениях цеха, а следовательно, на разных стадиях обработки мела, количество выделяющейся пыли различно. Причиной различной интенсивности выделения пыли являются различные физические свойства транспортируемых и обрабатываемых материалов, в частности дисперсный состав.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азаров В.Н. Обеспыливание систем аспирации / В.Н. Азаров, М.Е. Горбунова. Волгоград : Изд-во Волгогр. гос. ун-та, 2005.
2. Посохин В.Н. Местная вентиляция. Казань : КГАСУ, 2005. 73 с.
3. Позин Г.М. Основные типы местных отсосов и особенности их работы // «Инженерные системы» АВОК Северо-Запад. 2007. № 3. С. 26—35.
4. Позин Г.М. Местная вытяжная вентиляция — самый эффективный способ организации воздухообмена в помещении // Инженерные системы. АВОК Северо-Запад. 2006. № 3 (24). С. 40—45.
5. Азаров В.Н. Методика определения интенсивности пылевыведений от технологического оборудования // Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. Волгоград, 2002. Деп. в ВИНТИ 15.07.02, № 1332-В2002.

1. Azarov V.N. Obespylivaniye sistem aspiratsii / V.N. Azarov, M.E. Gorbunova. Volgograd: Izd-vo Volgogr. gos. un-ta, 2005.
2. Posokhin V.N. Mestnaya ventilyatsiya. Kazan : KGASU, 2005. 73 s.

3. Pozin G.M. Osnovnyye tipy mestnykh otsosov i osobennosti ikh raboty // Inzhenernyye sistemy AVOK Severo-Zapad. 2007. № 3. S. 26—35.

4. Pozin G.M. Mestnaya vityazhnaya ventilyatsiya — samyy effektivnyy sposob organizatsii vozdukhoobmena v pomeshchenii // Inzhenernyye sistemy AVOK Severo-Zapad. 2006. № 3 (24). S. 40—45.

5. Azarov V.N. Metodika opredeleniya intensivnosti pylevideleniy ot tekhnologicheskogo oborudovaniya // Volgogr. gos. arkhit.-stroit. un-t. Volgograd, 2002. Dep. v VINITI 15.07.02, № 1332-V2002.

Результаты экспериментального обследования технологического оборудования и обслуживающих его систем аспирации линии по производству мела

Наименование отделения	Место замера, установленное оборудование	Запыленность воздуха рабочей зоны, мг/м ³	Количество пыли, уносимой системой аспирации, г/ч	Максимальная интенсивность пылеоседания, г/(м ³ · ч)	Мощность пылевыделения, кг/ч
Предварительного дробления	Бункер-накопитель	2,4	485,59	5,185	1,938
	Молотковая дробилка	68,1	5408,72		
	Питатель	28,7	4146,94	6,8	1,955
	Конвейер	43,4	59821,52	3,961	2,823
Сушильное	Ленточный конвейер	21,8	792200	4,871	1,93
	Сушильный барабан	64,0	93828,1	0,026	0,017
	Конвейерная сушилка	14,4	102552,5	0,048	0,026
Дробильно-размольное	Молотковая дробилка	2	8441,01	0,094	0,043
	Шаровая мельница	2,5	319,36		
	Элеватор	62,7	3466,9	63,325	8,415
	Винтовой конвейер	33,3	63695,52	4,871	3,375
	Классификатор	74,6	8600,22		
	Башмаки элеваторов	5	109,19		
	Шаровая мельница	79,5	127,4	9,775	3,834
Смесительное	Конвейеры винтовые	3,9	557,25	0,196	0,085
	Дезинтегратор	2,3	214,81	0,024	0,009
	Смеситель непрерывного действия	2	522,41	0,063	0,034

© Пономарева Н.С., 2010

Поступила в редакцию
в сентябре 2010 г.

**ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ,
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ**

УДК 691.002.8:539.16.04

И.В. Стефаненко

ОСНОВНЫЕ РАДИАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ

Освещены вопросы применения экономически эффективных ресурсосберегающих радиационных технологий. Предложено в технологии производства строительных материалов использовать золы, шлаки, фосфогипс, скоп, отходы древесины и применять радиационные методы модифицирования, которые приводят к высоким технико-экономическим показателям конечного продукта: модифицированной волокнистой плиты, бетоно-полимерных материалов, фосфогипсополимерных материалов, отделочных плит и др.

К л ю ч е в ы е с л о в а: радиационная технология, модифицирование радиационное, отходы строительного производства, ресурсосберегающие технологии.

The application of economic radiotechnologies resource is sanctified. Proposed production technology to use all the waste going to landfill regions, cities and towns: ash, slag, phosphogypsum, ospreys, logging debris and use radiation methods of modification, which result in high technical-and-economic indexes of the end product: amend fibre board, concrete-polymer materials, fosfogipso-polimeric materials, finishing slabs, etc.

K e y w o r d s: radiotechnology, radiation modification, rejects of construction operations, alternative technologies.

Промышленность строительных материалов — ресурсоемкая отрасль, это один из крупнейших в стране потребителей природного сырья, топлива, электроэнергии и пр. Расходы на сырье, топливо и электроэнергию составляют более 60 % общих затрат на производство строительных материалов, на долю топливно-энергетических ресурсов в структуре материальных затрат приходится 36 % [2]. Для рационального расходования природного сырья планируется шире использовать материалы попутной добычи, вторичные продукты в производстве цемента, кирпича, ячеистого бетона, пористых заполнителей и др., обеспечить экономию органического топлива в результате использования возобновляемых источников энергии. Предполагается резко сократить расход минерального сырья, топлива и электроэнергии за счет широкого внедрения ресурсосберегающих технологий, снижения материалоемкости и трудоемкости выпуска продукции, устранения потерь сырья, топлива и энергии. При ежегодном потреблении около 3 млрд т природного сырья промышленность строительных материалов может существенно улучшить состояние охраны окружающей среды при условии частичной замены при-

родного сырья отходами промышленности: золами, шлаками, фосфогипсом, скопом, изношенными автомобильными шинами и т.п.

При использовании такого сырья себестоимость материалов в отрасли может быть снижена на 4...5 % с одновременным увеличением доли производства эффективных материалов в общем выпуске до 20 %.

Радиационная технология (РТ) может внести существенный вклад в решение основных задач отрасли с высокими технико-экономическими показателями. Из всего многообразия применяемых наиболее перспективных процессов РТ в промышленности строительных материалов следует выделить процессы радиационного модифицирования древесины, бетона, асбестоцементных материалов, производства полимерных труб и других сантехнических изделий и деталей отопительных систем, радиационного отверждения покрытий.

Производство 300 тыс. т радиационно-модифицированных полиэтиленовых труб и сантехнических изделий позволит заменить 1,5...2 млн т металлических труб, что составит более 1,5 % программы по всем водопроводным и газовым трубам.

Крупным вкладом в решение задач стройиндустрии может быть внедрение радиационной технологии отверждения лакокрасочных покрытий на поверхности различных отделочных материалов. При отверждении каждого миллиона квадратных метров покрытий ускоренными электронами будет сэкономлено более 3 млн кВт·ч электроэнергии.

Анализируя тенденцию роста производства рассматриваемых материалов, следует отметить, что интенсивность их изготовления значительно увеличилась с 1970-х гг. Интерес к этим работам и объем производства продолжает нарастать, судя по увеличивающемуся объему появляющейся информации [1].

Прогнозирование развития и применения радиационно-модифицированных строительных материалов и изделий показывает, что их производство к началу 2010 г. увеличено более чем вдвое по сравнению с 1985 г. [2].

Данные по числу выданных патентов и авторских свидетельств в России, США, Великобритании, Японии, Франции, Финляндии, Канаде и других развитых странах, относящиеся к практической реализации процессов модифицированных материалов и изделий, свидетельствуют, что в период до 1965 г. по радиационной технологии производства материалов в мире было выдано всего 280 патентов и авторских свидетельств, к 1985 г. — около 3300, к концу 2005 г. — около 7000 [2].

Далеко не все патентные решения нашли практическое применение, однако большое число (более 1800) патентов, выданных только в период 1975—2010 гг., свидетельствует о значительном развитии работ в области радиационной технологии производства и активном применении в стройиндустрии этих перспективных новых материалов.

Значительное место в области переработки и использования отходов промышленности и сельского хозяйства занимают отходы деревообрабатывающей и бумажной промышленности (опилки, стружки, щепа, кора, скоп и т.п.), а также отходы сельскохозяйственного растениеводства (биомасса хлопчатника, льна, конопли, подсолнечника, сахарного тростника и др.). В регионах нашей страны такие отходы ежегодно составляют десятки миллионов тонн [1]. В них содержится от 12 до 60 % целлюлозы и других ценных

компонентов, обеспечивающих при прессовании и обработке достаточные прочностные характеристики строительных материалов без дополнительного введения в их состав (в начальной стадии подготовки исходных изделий) различных смол. Это существенно сказывается на экономике производства строительных материалов и экологии регионов.

В России в 1990 г. разработан проект промышленной линии с годовой производительностью 1,4 млн м² немодифицированных волокнистых плит и 0,3...0,6 млн м² радиационно-модифицированных.

Отходы древесины или биомасса растений, измельченные до 3...5 мм, подаются через дозаторы в массбассейн, там перемешиваются с распушенной макулатурой, скопом, пигментом, различными добавками в зависимости от состава сырья и необходимости придания плитам специальных свойств. После перемешивания смесь подается гидросистемой в отливочную машину непрерывного действия, где смесь постепенно обезвоживается. Вода возвращается в массбассейн для повторного использования. Отлитый таким образом волокнистый ковер в поддонах транспортируется конвейером в многоэтажный пресс, где одновременно прессуются 20 плит размером 2500×1200×4 мм (толщина плит может быть задана в пределах 3...20 мм). После прессования плиты обладают достаточными прочностными характеристиками: плотность не менее 900 кг/м³; предел прочности при изгибе не менее 15 МПа; влажность не более 6 %; набухание 60 %; водопоглощение 85 %.

Плиты обрезают по размеру, часть их укладывается роботом в кассеты для дальнейшей переработки, другая часть подается на склад готовой продукции.

Плиты в кассетах транспортируются для загрузки в радиационный аппарат (РА), представляющий собой герметичную емкость размерами 2500×1500×300 мм, РА имеет вводы для подачи инертного газа, создания форвакуума и подачи пропитывающих составов. Заполненный РА направляется в пропиточную камеру, а после пропитки — в рабочую камеру гамма-установки на облучение. Для пропитки плит могут использоваться виниловые мономеры [2].

Основные свойства радиационно-модифицированных волокнистых плит

Плотность, кг/м ³ , не менее.....	1200
Влажность, %, не более.....	2
Водопоглощение по массе за 24 ч, %, не более.....	6
Набухание по толщине, %, не более.....	4
Предел прочности при изгибе, МПа, не менее.....	40
Степень истираемости, г/см ²	0,11
Соппротивление удару, Дж/м ³	0,69
Твердость по Бринеллю, МПа.....	98,1

Радиационно-модифицированные волокнистые плиты могут применяться для покрытий полов в жилых, производственных и животноводческих помещениях, кровли зданий (вместо шифера и железа), а также в виде конструкционного материала для обшивки стен и перегородок домиков садовых участков, изготовления мебели, дверных проемов и встроенных шкафов жилых и производственных помещений.

Как известно, характеристику бетона определяет его структура, которая в свою очередь, обуславливается структурой цементного камня и заполните-

лей. В теле камня имеются многочисленные поры. Пористость существенно влияет на прочность и долговечность, определяет газо- и водонепроницаемость, морозостойкость камня. Для улучшения свойств бетона необходимо улучшать его структуру, т.е. увеличивать плотность и уменьшать пористость. Разработаны различные методы улучшения этих свойств.

Радиационный способ получения бетонополимерных (БПМ), туфополимерных (ТПМ) и асбестоцементных (АЦПМ) материалов по сравнению с другими способствует приданию им более высоких (на 7...15 %) физико-механических свойств. Прочностные показатели БПМ зависят от марок исходного бетона [1].

Технология получения БПМ, ТПМ и АЦПМ очень близка к технологии производства волокнистых плит и сводится к следующим операциям: изготовлению бетонных, асбестоцементных изделий или изделий из туфа по обычной технологии; сушке исходных изделий; охлаждению изделий; загрузке изделий в РА; герметизации аппарата; вакуумированию РА; заполнению РА пропиточным составом; сливу остатка пропиточного состава; подаче инертного газа; подаче РА с изделиями в рабочую камеру; радиационной полимеризации; извлечению РА из рабочей камеры облучения; продувке РА инертным газом; разгрузке РА; подаче изделий на склад готовой продукции.

Введение в бетон небольшого количества (при массовом содержании примерно 5 %) полимеров обуславливает значительное улучшение свойств готового изделия. Расчеты показывают [1], что с учетом свойств БПМ строительные конструкции из них могут быть облегчены на 25...30 %, что позволяет снизить расход цемента, металла и других строительных материалов.

Гипс среди эффективных строительных материалов может занимать одно из ведущих мест. Это обусловлено большими запасами в России гипсового природного и вторичного сырья.

Технология производства гипсополимерных мраморовидных облицовочных плит предусматривает применение в качестве дополнительного компонента смеси фосфогипса [1, 3].

Фосфогипс используют в качестве добавки (как наполнитель) к обычному гипсовому вяжущему в массовой доле 20...70 %. После модифицирования фосфогипсополимерные плиты обладают прочностными характеристиками, сравнимыми с натуральным мрамором.

Важное свойство фосфогипсополимерных мраморовидных облицовочных плит — повышенная устойчивость к атмосферным и агрессивным воздействиям. Слабое проникновение влаги и агрессивных веществ в эти материалы связано с заполнением пор и капилляров матрицы пропитывающим мономером. После облучения прочность плит в 3...4 раза превышает прочность исходных прессованных изделий.

Проблема утилизации техногенных и бытовых отходов города может быть решена без нарушения экологических зон.

Вся технология утилизации может быть разделена на стадии. Первая стадия включает грубую сортировку всех «лежалых» и «свежих» отходов, доставляемых из города во время сбора. Вторая стадия включает удаление отходов строительного происхождения в овраги, на создаваемые дамбы, в котлованы и др. (с учетом планирования застройки районов). Отдельные от-

ходы сушатся и поступают на промежуточные склады, либо сразу измельчаются до необходимой фракции, а затем поступают на склады сырья.

Техногенные отходы строительного происхождения, не удаленные с территории свалки, также измельчаются и поступают на склад. В период работы на этих двух стадиях осуществляется радиационный и химический контроль отходов.

Этим заканчивается подготовительная сортировка отходов к следующим технологическим переделам.

Все техногенные отходы растительного происхождения независимо от места сбора измельчаются до 3...5 мм рубильной машиной, отсеиваются грохотом и собираются в бункер-накопитель. Далее через расходный бункер-дозатор разбиваются гидроразбивателем и поступают в массный бассейн для перемешивания с добавками (макулатурой, красителями и др.), после чего подаются в отливочную машину, где убирается вода обратно в бассейн.

Использование каменных отходов крупных фракций (до 40 мм) производится при приготовлении фундаментных блоков, колонн и других конструкций (по технологии производства бетонов). Такие отходы целесообразно использовать на предприятиях ЖБИ.

В производстве изделий с наполнителями используются термопластичные и термореактивные полимеры (бутылки, банки, посуда разового использования и др.). Выбор смол для производства осуществляется с учетом производимых на химических заводах региона изделий и их цен.

При использовании термопластичных полимеров (поливинилхлорида, полистирола, полиамида) наполнители — высушенные и измельченные до 0,3...0,5 мм бытовые отходы — после фракционирования смешиваются с полимером в горячем состоянии (температура зависит от температуры данного полимера). Изделия производят литьем под давлением, шприцеванием, экструзией или вальцеванием. После раскроя в размер изделия подаются на поток декорирования или на склад готовой продукции.

При использовании термореактивных полимеров (карбомидных, КФ-Ж и др.) для отверждения смолы применяется раствор хлористого аммония (1 % от массы смолы). Для повышения прочности при сжатии в состав композиции вводят порошкообразные вещества с развитой поверхностью, а для повышения прочности на изгиб — волокнистые наполнители.

Технологическое оборудование для производства плиток с термопластичными или термореактивными полимерами отличается только на стадии их формования. Изделия на основе термореактивов формируются методом горячего формования, а на основе термопластов — методом литья под давлением (т.е. могут использоваться роторные и быстродействующие литьевые машины).

Готовые плитки проходят участок декорирования для придания им любой цветности и рисунка. Для этого изделия подаются на пластинчатый транспортер, на поверхность плиток наносят полиэфирный грунт с красителем толщиной 30...50 мкм, затем рисунок и полиэфирный лак. Изделия после нанесения лака и декоративного покрытия не высушиваются, а подаются под пучок электронов.

Таким образом, можно использовать все отходы, поступающие на свалки регионов, городов и населенных пунктов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Козлов Ю.Д., Путилов А.В.* Основы радиационной технологии в производстве строительных материалов. М. : Руда и металлы, 2001.
 2. Высокие технологии с использованием источников ионизирующих излучений в промышленности / Ю.Д. Козлов, И.В. Стефаненко, С.В. Ермолаев, О.П. Сидельникова. М. : Энергоатомиздат, 2006. 715 с.
 3. *Стефаненко И.В.* Высокие технологии в экологии и при переработке отходов в эффективные строительные материалы. Волгоград : Волгогр. науч. изд-во, 2005. 173 с.
-
1. *Kozlov Yu.D., Putilov A.V.* Osnovy radiatsionnoy tekhnologii v proizvodstve stroitel'nykh materialov. M. : Ruda i metally, 2001.
 2. *Vysokie tekhnologii s ispolzovaniem istochnikov ioniziruyushchikh izlucheniye v promyshlennosti* / Yu.D. Kozlov, I.V. Stefanenko, S.V. Ermolayev, O.P. Sidel'nikova. M. : Energoatomizdat, 2006. 715 s.
 3. *Stefanenko I.V.* Vysokiye tekhnologii v ekologii i pri pererabotke otkhodov v effektivnyye stroitelnyye materialy. Volgograd : Volgogr. naych. izd-vo, 2005. 173 s.

© *Стефаненко И.В.*, 2010

*Поступила в редакцию
в июне 2010 г.*

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 536.24

А.Г. Бойков

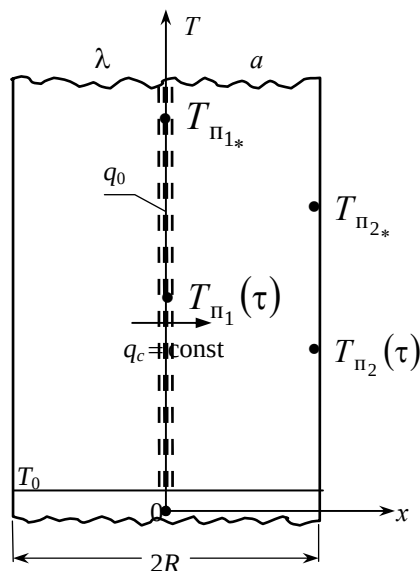
РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ НАЧАЛА ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ОДНОСТОРОННЕМ НАГРЕВЕ ПЛОСКИХ ТЕЛ

Дано выражение для определения времени выхода плоских образцов на стационарный режим при одностороннем нагревании постоянным потоком. Приведена зависимость температуры центра пластины от безразмерного числа Фурье.

К л ю ч е в ы е с л о в а: односторонний нагрев; плоские тела; постоянный поток тепла.

Given term to evaluation the retention time of planar samples at steady conditions under a simplex warming up of constant rate. Enters the temperature at the center of the laminae from the dimensionless Fourier number. Used the ratio show exactly how much to spend time before the physical measurements that require a stationary thermal behavior under the simplex warming up of constant rate.

К е y w o r d s: one-sided heating, simplex warming up, plane body, constant rate of heat.



Односторонний прогрев пластины постоянным тепловым потоком q_0 , Вт/м²

Явление теплопроводности в плоских телах начиная с момента включения электрического нагревателя описывается следующими математическими условиями:

уравнение теплопроводности

$$\frac{\partial T(x; \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T(x; \tau)}{\partial x^2},$$

условие слева

$$-\lambda \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{x=0} = q_0,$$

условие справа

$$T(R; \tau) = T_{\pi 2}(\tau),$$

начальное условие

$$T(x; 0) = T_0,$$

где $q_c = 0,5q_0$; q_0 — плотность потока от электрического нагревателя в обе стороны, Вт/м²; λ — коэффициент теплопроводности пластины, Вт/м·град; a — температуропроводность, м²/с; $T(\tau)$ — текущие температуры; T_0 — начальная температура при $\tau = 0$.

В безразмерной форме процесс одностороннего нагрева плоских тел постоянным потоком тепла описывается условиями

$$\frac{\partial \Theta}{\partial \mathbf{Fo}} = \frac{\partial^2 \Theta}{\partial \mathbf{X}^2}, \quad (1)$$

$$-\left(\frac{\partial \Theta}{\partial \mathbf{X}}\right)_{\mathbf{X}=-1} = \mathbf{Ki}, \quad (2)$$

$$-\left(\frac{\partial \Theta}{\partial \mathbf{X}}\right)_{\mathbf{X}=+1} = \mathbf{Bi}(\Theta_{\mathbf{X}=1} - 1), \quad (3)$$

$$\Theta_{\mathbf{Fo}=0} = 1, \quad (4)$$

где $\Theta = \frac{T}{T_0}$ — безразмерная температура в долях начальной температуры

тела; $\mathbf{Fo} = \frac{a\tau}{R^2}$ — число Фурье, $\mathbf{X} = \frac{x}{R}$ — безразмерный размер; $\mathbf{Ki} = \frac{q_c R}{\lambda T_0}$ —

безразмерное число Кирпичёва; $\mathbf{Bi} = \frac{\alpha R}{\lambda}$ — безразмерное число Био.

Решение системы (1)–(4) операционным методом с использованием одностороннего интегрального преобразования Лапласа [1, 2]

$$t = (\mathbf{X}; s) = \int_0^\infty \exp(-s\mathbf{Fo}) \Theta(\mathbf{X}; \mathbf{Fo}) d\mathbf{Fo}$$

позволяет найти зависимость температуры центра пластины от безразмерного числа Фурье

$$\Theta_{\text{ц}} = \mathcal{D} - \sum_{n=1}^{\infty} B_n \exp(-\mu_n^2 \mathbf{Fo}), \quad (5)$$

где

$$\mathcal{D} = 1 + \frac{\mathbf{Ki}}{\mathbf{Bi}} + \mathbf{Ki}, \quad B_n = \mathbf{Ki} \frac{\cos \mu_n + \frac{\mathbf{Bi}}{\mu_n} \sin \mu_n}{\mu_n \varphi_n}, \quad (6)$$

$$\varphi_n = \cos \mu_n \sin \mu_n (1 + 2\mathbf{Bi}) + \mu_n (\cos^2 \mu_n - \sin^2 \mu_n), \quad (7)$$

$$-\frac{2\mu_n}{\operatorname{tg} \mu_n - \operatorname{ctg} \mu_n} = \mathbf{Bi}. \quad (8)$$

Выход на стационарное состояние произойдет при условии

$$\frac{\sum_{n=1}^{\infty} B_n \cdot \exp(-\mu_n^2 \mathbf{Fo})}{D} \cdot 100 \leq 1 \% . \quad (9)$$

Если принять $\mathbf{Ki} = 0,15$, $\mathbf{Bi} = 0,6$, $\mathbf{Fo} = 16$, то согласно (7) и (8) $\varphi_1 = 1,15$, $\mu_1 = 0,4589$ (при заданном числе Фурье второй член ряда приближается к нулю). Получается $D = 1,4$,

$$\begin{aligned} B_1 \exp(-0,21 \mathbf{Fo}) &= \\ &= 0,15 \frac{\cos 0,4589 + \frac{0,6}{0,4589} \sin 0,4589}{0,4589 \cdot 1,15} \exp(-0,21 \cdot 16) = 0,01458, \end{aligned}$$

$$\Delta = \frac{0,01458}{1,4} \cdot 100 = 1 \% .$$

Для бетона при указанных аргументах: $\mathbf{Fo} = 1,965 \tau_{\text{ч}} \equiv 16$, откуда выход на стационарный режим потребует 8,14 ч.

Таким образом, используя соотношения (5)—(9), можно точно знать, сколько необходимо затратить времени до начала физических измерений, требующих стационарного теплового режима при одностороннем нагревании постоянным потоком.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М. : ГИТТЛ, 1952. С. 339.
2. Ковалевский В.И., Бойков Г.П. Методы теплового расчета экранной изоляции. М. : Энергия, 1974. С. 87.
1. Lykov A.V. Troriya teploprovodnosti. M. : GITTL, 1952. S. 339.
2. Kovalevskiy V.I., Boykov G.P. Metody teplovogo rascheta ekrannoy izolyatsii. M. : Energiya, 1974. S. 87.

© Бойков А.Г., 2010

Поступила в редакцию
в сентябре 2010 г.

УДК 536.24

Д.Г. Усадский, В.М. Фокин, А.Н. Карпенко

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ
НАГРЕВАТЕЛЯ ЖИДКОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ
И СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ СИСТЕМ
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Актуальна проблема снижения стоимости производства тепловой энергии на основе модернизации теплогенераторов. В результате проведенного анализа выявлены основные преимущества и недостатки нагревателя жидкого теплоносителя по сравнению с существующими теплогенераторами.

К л ю ч е в ы е с л о в а: нагреватель жидкого теплоносителя, сравнительный анализ.

The topical issues of cost reduction of heat energy based on the modernization of thermal generators is discussed. As a result of the analysis of the major advantages and disadvantages of the thermal radiator of heat-transfer fluid compared with existing heat generators are identified.

K e y w o r d s: thermal radiator of heat-transfer fluid, gap analysis.

В связи с постоянно возрастающей стоимостью энергоносителей проблема энергосбережения становится все более актуальной. Потребителя энергоресурсов все больше интересует снижение конечной цены потребляемой тепловой энергии.

В настоящее время основными методами снижения стоимости производства тепловой энергии являются оптимизация процессов горения в топках котлов, снижение потерь тепла при транспортировке его потребителю, утилизация теплоты топочных газов, направленные на модернизацию существующих систем теплоснабжения.

Также с целью повышения экономичности и эффективности производства тепловой энергии разрабатываются теплогенераторы с принципами получения тепловой энергии, отличными от традиционных.

История создания нагревателей жидкого теплоносителя уходит корнями в первую треть XX века, когда французский инженер Жозеф Ранк столкнулся с неожиданным эффектом, исследуя свойства искусственно создаваемого вихря в разработанном им устройстве — вихревой трубе. Сущность наблюдаемого эффекта заключалась в том, что на выходе вихревой трубы наблюдалось разделение сжатого воздушного потока на теплую и холодную струю.

Исследования в данной области были продолжены немецким изобретателем Робертом Хилшем, который в 1940-х улучшил конструкцию вихревой трубы Ранка, добившись увеличения разности температур двух воздушных потоков на выходе из трубы. Однако как Ранку, так и Хилшу не удалось теоретически обосновать наблюдаемый эффект, что отсрочило его практическое применение на многие десятилетия. Следует отметить, что более-менее удовлетворительное теоретическое объяснение эффекта Ранка — Хилша с точки зрения классической аэродинамики не найдено до сих пор.

Одним из первых ученых, которому пришла в голову идея запустить в трубу Ранка жидкость, является российский ученый Александр Меркулов, профессор Куйбышевского (ныне Самарского) государственного авиакосми-

ческого университета, которому принадлежит заслуга в развитии основ новой теории. Созданная Меркуловым в конце 1950-х гг. отраслевая научно-исследовательская лаборатория тепловых двигателей и холодильных машин провела большой объем теоретических и экспериментальных исследований вихревого эффекта. Идея использовать в качестве рабочего тела в вихревой трубе не сжатый воздух, а воду, была революционной, поскольку вода в отличие от газа несжимаема. Следовательно, эффекта разделения потоков на холодный и горячий ожидать не стоило. Однако результаты превзошли все ожидания: вода при прохождении по «улитке» быстро нагревалась (с эффективностью, превышавшей 100 %). Ученый затруднялся объяснить подобную эффективность процесса.

Между тем данный принцип был взят на вооружение предпринимателями, что привело к разработке работающих моделей тепло- и электрогенераторов, реализующих описанный выше принцип. В данный момент времени на территории России, некоторых республик бывшего Советского Союза и ряда зарубежных стран успешно функционируют сотни теплогенераторов различной мощности, произведенных рядом отечественных научно-производственных предприятий. Некоторые из них будут рассмотрены в данной статье.

В таблице приведены характеристики существующих теплогенераторов.

Основные характеристики существующих моделей теплогенераторов

Теплогенератор	Температура теплоносителя, °С	Вид теплоносителя	Диапазон мощности различных моделей, кВт
Теплогенератор «Юсмар»	65...90	Вода	2...65
Термогенератор «НТК»	60...115	Вода	10...75
Теплогенератор «МУСТ»	60...90	Вода	5,5...37
Теплогенератор «ТМГ»	60...95	Вода	10...30
Генератор тепла «ГТ»	65...95	Вода	3...37
Нагреватель жидкого теплоносителя «ВЭСТ»	40...95	Вода, различные эмульсии, нефть, битум, антифризы	5...100

Из таблицы видно, что максимальная рабочая температура у всех теплогенераторов примерно одинакова. Однако у теплогенераторов «ВЭСТ» диапазон рабочих температур несколько выше.

При работе в системе отопления нагреватель жидкого теплоносителя «ВЭСТ» не требует дополнительной установки циркуляционных насосов, так как насос и нагреватель конструктивно выполнены в одном корпусе.

По результатам экспериментального исследования теплопроизводительности нагревателя жидкого теплоносителя [1] коэффициент преобразования составляет примерно 1,25 для установки с электродвигателем номинальной электрической мощностью 18,5 кВт.

Рабочей жидкостью для перечисленных теплогенераторов является вода. Однако нагреватель жидкого теплоносителя «ВЭСТ» используется не только для отопления и горячего водоснабжения зданий и сооружений, но и для получения пара, а также в различных технологических процессах по разогреву и перекачке различных эмульсий, нефти, битума и других горючих и агрессивных жидкостей и теплоносителей.

В технологических процессах на производстве подогрев различных жидкостей и газов зачастую является сложным и затратным. Использование данного нагревателя жидкого теплоносителя при подогреве агрессивных жидкостей позволяет существенно снизить затраты в различных технологических процессах.

Поэтому нагреватель жидкого теплоносителя «ВЭСТ» при использовании в технологических процессах является альтернативой существующим методам нагрева технологических жидкостей.

Основные преимущества теплогенератора по сравнению с традиционными способами получения теплоты:

- исключаются затраты на строительство и проведение ремонта в централизованных котельных и теплотрассах. Теплогенераторы устанавливаются непосредственно в местах использования тепловой энергии;

- при применении антикоррозийных и незамерзающих теплоносителей внутри тепловых систем создается незамерзающая и антикоррозийная среда, что на порядок увеличивает срок эксплуатации этих систем;

- высокая пожаро-, взрыво-, электро- и экологическая безопасность;

- автономные системы, работающие на данной технологии, совершенно взрывобезопасны, поэтому установка не требует постоянного обслуживающего персонала, возможна полная автоматизация и компьютеризация управления установками;

- теплогенераторы работают в режимах, не попадающих в зону контроля надзорных органов, и не требуют специального лицензирования;

- установка производит одновременно 4 операции: нагревание, нагнетание (создает циркуляцию различных теплоносителей), смешивание, измельчение различных эмульсий и добавок;

- простота изготовления, ремонта и эксплуатации установок;

- метод позволяет добиться реального снижения цены за единицу потребления теплоты.

Основным недостатком всех перечисленных теплогенераторов является достаточно высокий уровень шума. Поэтому данные теплогенераторы необходимо устанавливать в отдельном помещении. Также необходима разработка различных мероприятий для снижения уровня шума до приемлемого уровня.

В нагревателе жидкого теплоносителя при получении теплоты и для осуществления циркуляции теплоносителя используется электродвигатель, поэтому определяющим показателем затрат при эксплуатации является стоимость электрической энергии.

В настоящее время цены на природный газ (основное традиционное топливо при получении тепловой энергии) и электрическую энергию растут пропорционально. Поэтому стоимости единицы тепловой энергии при сжигании природного газа и при использовании исследуемого нагревателя жидкого теплоносителя примерно одинаковы. Однако при теплоснабжении объектов строительства стоимость прокладки и последующей эксплуатации газовых сетей бывает в десятки и сотни раз выше стоимости прокладки электрических сетей.

Исследуемый нагреватель жидкого теплоносителя «ВЭСТ» не призван заменить существующие традиционные теплогенераторы, а может быть востребован в жилищно-коммунальном хозяйстве в качестве источника теплоснабжения с низкими капитальными затратами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Усадский Д.Г., Карпенко А.Н., Фокин В.М. Экспериментальное определение теплопроизводительности нагревателя жидкого теплоносителя в стационарном режиме // Вестник Волгogr. гос. архит.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архит. 2010. Вып. 19 (38). С. 108—111.
2. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. М. : Машиностроение, 1969. 182 с.
3. Фоминский Л.П. Роторные генераторы дарового тепла. Черкассы : ОКО-Плюс, 2003. 346 с.
4. Дудышев В.Д. Методы преобразования энергии жидкости посредством электрогидравлического удара и кавитации жидкости // Новая энергетика. 2005. № 20.
1. Usadsky D.G., Karpenko A.N., Fokin V.M. Eksperimental'noye opredeleniye teploproduktel'nosti nagrevatelya zhidkogo teplonosytelya v statsionarnom rezhime // Vestnik Volgogr. gos. arkhит.-stroit. un-ta. Ser. Str-vo i arxit. 2010. Vyp 19 (38). S. 108—111.
2. Merkulov A.P. Vikhrevoy effect i ego primeneniye v tehnikе. M. : Mashinostroyeniye, 1969. 182 s.
3. Fominsky L.P. Rotornye generatory darovogo tepla. Cherkassy : OKO-Plus, 2003. 346 s.
4. Dudyshev V.D. Metody preobrazovaniya energii zhidkosty posredstvom elektrogidravlycheskogo udara i kavitatsii zhidkosty // Novaya energetika. 2005. № 20.

© Усадский Д.Г., Фокин В.М., Карпенко А.М., 2010

Поступила в редакцию
в октябре 2010 г.

УДК 697.978

М.Г. Тарабанов, П.С. Прокофьев

НАГРЕВАНИЕ И УВЛАЖНЕНИЕ ВОЗДУХА НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

Рассмотрен аппарат, позволяющий одновременно нагревать и увлажнять наружный воздух с отрицательной температурой низкопотенциальным теплоносителем. Приведены результаты лабораторных испытаний. Приведены графики зависимости эффективности аппарата.

К л ю ч е в ы е с л о в а: нагрев, увлажнение, низкопотенциальный теплоноситель, роторный пластинчатый теплообменник, роторный пластинчатый утилизатор теплоты.

A device, which allows both heat and humidifies the outdoor air with negative temperature low-potential coolant is considered. Results of laboratory tests are described. Dependence diagrams of the apparatus are discussed.

К e y w o r d s: heating, humidification, low-grade coolant, rotary laminose heat and mass exchanger, rotary laminose heat recovery steam generator.

Одним из перспективных направлений энергосбережения является использование низкопотенциальных источников теплоты с температурой до +45 °С. В климатических условиях России в современных общественных и многофункциональных зданиях расход теплоты в системах вентиляции и кондиционирования воздуха в 2,5...3 раза превышает расход теплоты на отопление, однако низкопотенциальный теплоноситель для нагревания приточного воздуха практически не используется. Это объясняется опасностью размораживания воздухонагревателей и повышением их стоимости из-за малого перепада температур теплоносителя, так как современные системы защиты от замораживания отключают кондиционер или приточную установку при понижении температуры обратной воды на выходе из воздухонагревателя до 30...35 °С.

В НИЦ «Инвент» предложено использовать для нагревания воздуха с отрицательной температурой низкопотенциальным теплоносителем роторный пластинчатый утилизатор теплоты (РПУТ), выполненный на базе РПТМ [1].

Построение традиционного процесса обработки воздуха в прямоточном кондиционере для офисного помещения приведено на рис. 1, а. При расходе воздуха $G_v = 10\,000$ кг/ч расход теплоты в воздухонагревателе первого подогрева составит $Q_1 = 161,6$ кВт. Процесс обработки воздуха в кондиционере с РПУТ приведен на рис. 1, б. Забегая вперед, отметим, что процесс нагревания и увлажнения воздуха в РПУТ протекает по линии насыщения при $\phi = 100\%$ до температуры точки росы внутреннего воздуха или требуемого влагосодержания приточного воздуха, если в помещении есть значительные влаговыведения.

Расход теплоты на первый подогрев в РПУТ равен $Q_1' = 145$ кВт. Недостающее количество теплоты переносится на воздухонагреватель второго подогрева в размере $Q_2 = 17,5$ кВт. Небольшая разница в суммарном расходе теплоты для этих схем объясняется влиянием адиабатного увлажнения в первой схеме, которое протекает по линии $t_m = \text{const}$ и сопровождается некоторым повышением энтальпии увлажняемого воздуха, что снижает нагрузку на первый подогрев.

Таким образом, схема на рис. 1, б подтверждает принципиальную возможность получения требуемых параметров воздуха в кондиционируемом помещении при совмещении процессов нагревания и одновременного увлажнения в смесительном аппарате. Но это только первая часть поставленной перед НИЦ «Инвент» задачи. Вторая часть — исследование аппарата, в котором можно было бы осуществить требуемый процесс обработки с использованием низкопотенциального теплоносителя.

Всего было проведено около 500 опытов на образцах РПУТ с различными диаметрами дисков (160, 330 и 390 мм), и во всех опытах был получен воздух с температурой на выходе от +3 до +14 °С. Температура наружного воздуха при замерах изменялась от –10,0 до –20,0 °С.

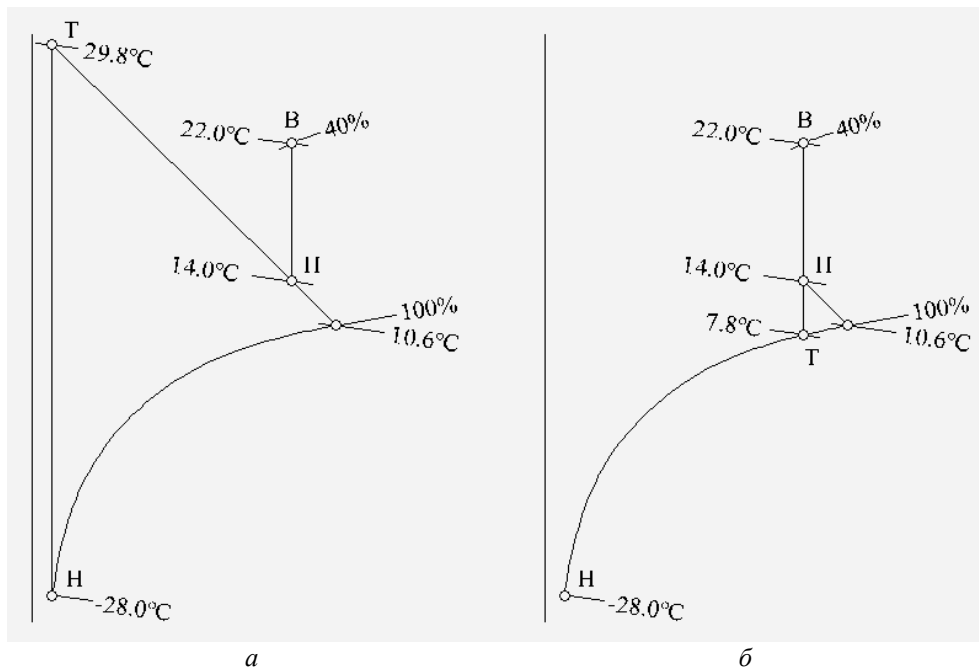


Рис. 1. Построение процесса обработки воздуха: а — классическая схема; б — схема с РПУТ

Теоретический анализ и эксперименты, проведенные ранее с РПТМ, показывают, что на процесс теплообмена в РПУТ влияют:

скорость потока воздуха, которую удобно относить к фронтальному сечению ротора v , м/с;

расход теплоносителя, отнесенный к расходу воздуха, который принято называть коэффициентом орошения B , кг воды / кг воздуха;

частота вращения ротора n , мин⁻¹.

Естественно, что в рамках одной статьи невозможно отразить все полученные результаты, поэтому ограничимся несколькими рисунками, характеризующими влияние отдельных факторов на эффективность работы РПУТ.

На рис. 2 приведена зависимость количества передаваемой теплоты от скорости воздуха во фронтальном сечении роторов диаметров 160, 330 и 400 мм.

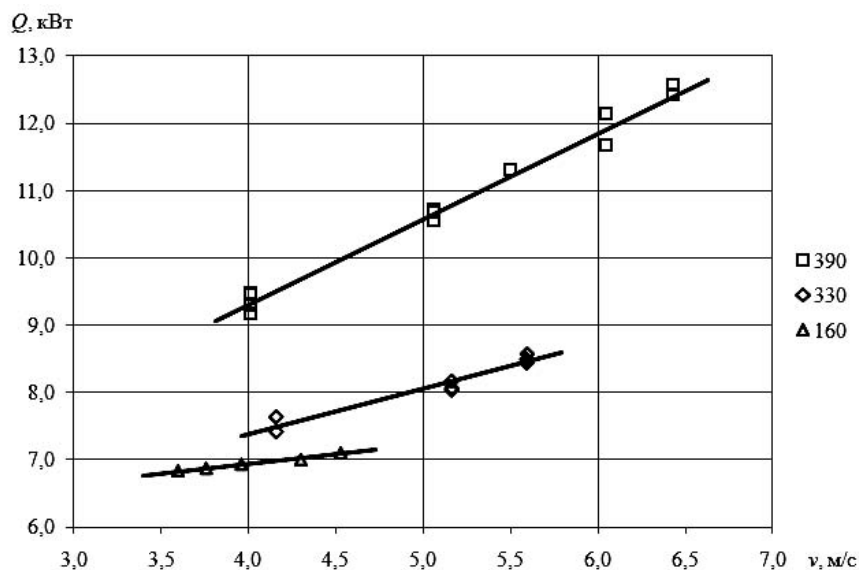


Рис. 2. Зависимость количества теплоты от скорости во фронтальном сечении

Проведенные ранее исследования РПТМ показали, что эффективность тепломассообмена не зависит от количества дисков, т.е. при одном и том же диаметре дисков и зазоре между ними аппарат, собранный из 50 дисков, подобен аппарату, собранному из 500 дисков, при одинаковой скорости воздуха. Поэтому для обобщения результатов исследований РПУТ предложено использовать два параметра, не зависящих от набора пакета дисков или ширины ротора:

коэффициент полного теплообмена

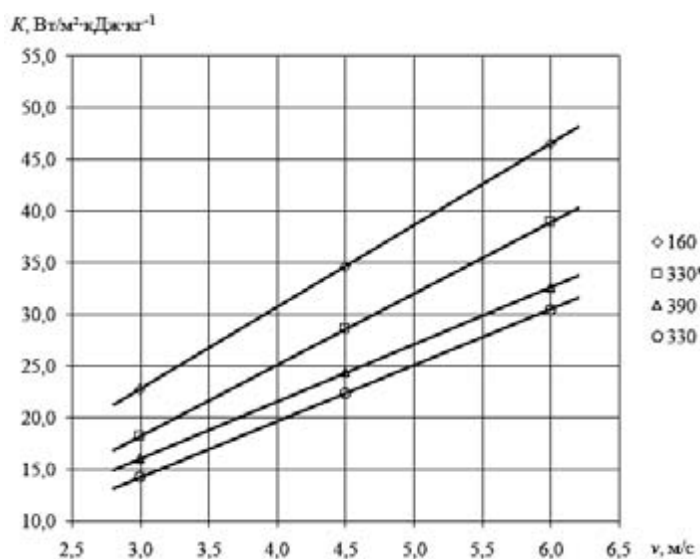
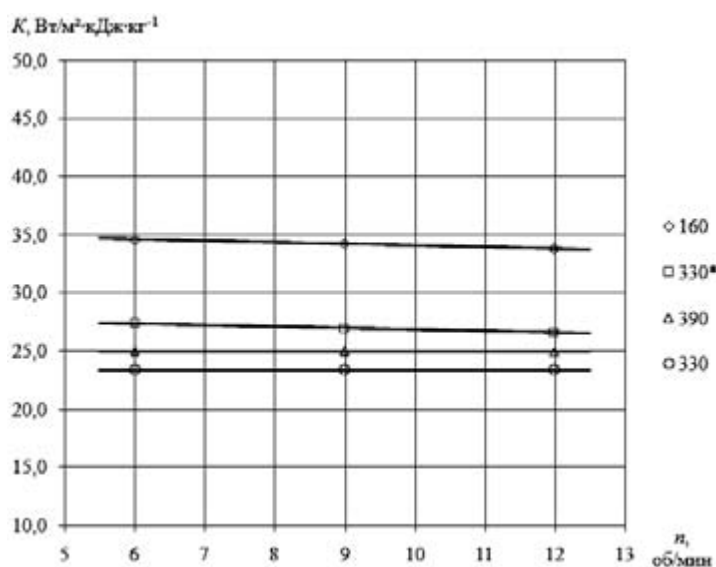
$$K = \frac{Q_B}{F \Delta J_p};$$

коэффициент эффективности

$$E = \frac{t_{B1} - t_{B2}}{t_{B1} - t_{W1}},$$

где Q_B — количество теплоты, переданной воздуху, кДж/с; F — суммарная рабочая поверхность дисков, рассчитанная по высоте фронтального сечения, m^2 ; ΔJ_p — разница энтальпий обрабатываемого воздуха, кДж/кг; t_{B1} и t_{B2} — соответственно начальная и конечная температуры воздуха, $^{\circ}C$; t_{W1} — начальная температура воды, $^{\circ}C$.

Зависимости коэффициента полного теплообмена от скорости воздуха во фронтальном сечении ротора и частоты вращения ротора приведены на рис. 3 и 4, а зависимости коэффициента эффективности — на рис. 5 и 6. Анализ графиков показывает, что коэффициент полного теплообмена более наглядно отражает физический смысл протекающих в РПУТ процессов тепломассообмена, например, изменение частоты вращения ротора в исследованных пределах при фиксированной поверхности переноса не должно оказывать заметного влияния на интенсивность процесса, а коэффициент эффективности более удобен для инженерных расчетов аппарата с использованием $J-d$ диаграммы.

Рис. 3. Зависимость $K = f_2(v)$ при $B = 0,9 \dots 1,1 \text{ кг/кг}$, $n = 12 \text{ мин}^{-1}$ Рис. 4. Зависимость $K = f_3(n)$ при $B = 0,9 \dots 1,1 \text{ кг/кг}$, $v = 4,5 \text{ м/с}$

Причем графики для K и E не противоречат друг другу, как может показаться при сравнении, например, рис. 3 и 4, так как коэффициент K характеризует общее количество передаваемой в аппарате теплоты, а коэффициент E — степень приближения процесса к некоему идеальному.

Приведенные материалы отражают результаты первых этапов исследований, полученные на лабораторном стенде. Однако эти результаты достаточно убедительно показывают, что в роторном пластинчатом утилизаторе теплоты можно нагревать и одновременно увлажнять воздух с отрицательной температурой низкопотенциальным теплоносителем с температурой менее 45°C без опасности замораживания аппарата.

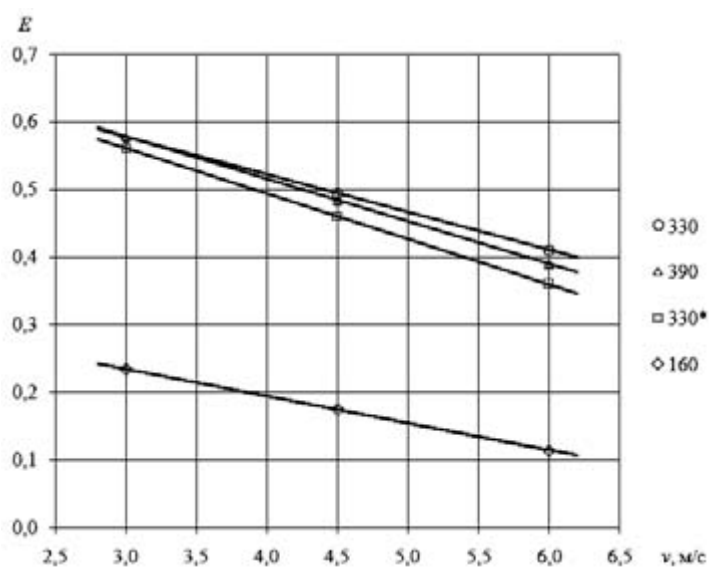


Рис. 5. Зависимость $E = f_5(v)$ при $n = 12$ об/мин, $B = 0,9 \dots 1,1$ кг/кг

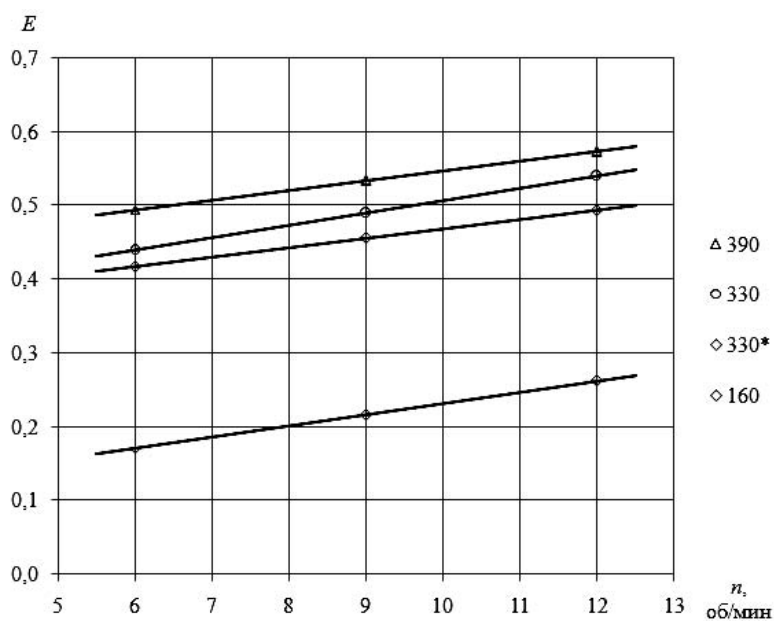


Рис. 6. Зависимость $E = f_6(n)$ при $B = 0,9 \dots 1,1$ кг/кг, $v = 4,5$ м/с

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тарабанов М.Г. Увлажнение воздуха в системах вентиляции и кондиционирования. Инженерные системы // АВОК-Северо-Запад. 2009. № 3 (41).

1. Tarabanov M.G. Uvlazhneniye vozdukh v sistemakh ventilyatsii i konditsionirovaniya // Inzhenernyye sistemy AVOK-Severo-Zapad. 2009. № 3(41).

© Тарабанов М.Г., Прокофьев П.С., 2010

Поступила в редакцию в сентябре 2010 г.

УДК 621.928

В.Г. Диденко, О.В. Шубин, С.И. Голубева**ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ ЛОКАЛИЗУЮЩЕГО ПОТОКА ГАЗА
В МЕЖЛОПАТОЧНЫХ КАНАЛАХ ВИХРЕВОГО МЕСТНОГО ОТСОСА**

Рассмотрены вопросы аэродинамики круговых гидродинамических решеток применительно к конструированию интенсивных местных отсосов, предложена основа для разработки методики расчета вихревых локализирующих устройств.

К л ю ч е в ы е с л о в а: сварочный аэрозоль, вытяжная вентиляция, вихревой местный отсос.

Questions aerodynamics hydrodynamic circular gratings with respect as applied to intense captor hoods considered. The framework for method development for calculating eddy localizing devices offered.

K e y w o r d s: welding aerosol, extraction ventilation, vortex captor hood.

Течение реального газа в каналах круговой лопаточной решетки местного отсоса, как и других газодинамических устройств вихревого типа, в общем случае характеризуется как пространственное и неустановившееся, которое не поддается полному теоретическому анализу. Поэтому для практических расчетов делается ряд упрощающих предположений, не затрагивающих основные закономерности явления. Прежде всего, пренебрегаем сжимаемостью и вязкостью газа, а также турбулентностью течения, которое рассматриваем как установившееся (осредненное по времени) безвихревое движение идеальной (невязкой) жидкости постоянной плотности. Возможность этого иногда очевидна заранее (течение маловязкого газа в хорошо спрофилированных каналах при малых дозвуковых скоростях) или оценивается по результатам расчета. Далее считаем движение двумерным, происходящим в слое, в общем случае переменной толщины с параметрами, зависящими только от двух координат. Такое течение можно относительно просто рассчитывать или строить практически с любой необходимой точностью. С учетом приведенных допущений выполняем расчет течения газа через круговую лопаточную решетку применительно к решаемой задаче.

Принимаем, что круговая лопаточная решетка в общем случае представляет собой пакет пластин длиной S , установленных с шагом l под углом β относительно фронтальной поверхности решетки. К основным конструктивным параметрам вихревого местного отсоса относят также угол α наклона фронтальной поверхности решетки по отношению к набегающему газовому потоку, высоту H и площадь F_0 входного сечения местного отсоса, длину L и площадь F_p фронтальной поверхности решетки.

Течение газового потока через круговую гидродинамическую лопаточную решетку формализованно можно представить как течение плоского потока несжимаемой жидкости, который подходит к решетке под углом $\alpha_1 = \alpha$ со скоростью v_{r1} и при повороте около кромок пластин теряет часть своей кинетической энергии в количестве, определяемом условиями течения на поверхности пластин [1]. При существенном отклонении плоскости лопаток от

угла атаки набегающего потока локализуящий газ-носитель отрывается от кромок пластин, образуя в каналах между ними отрывные зоны с приблизительно постоянным давлением. Границы отрывных зон можно рассматривать как линии разрыва касательных скоростей в идеальной (невязкой) жидкости и применять для расчета течения известные методы теории струй [2].

Согласно этому, на границах отрывных зон (струй) давление P_c и скорость $v_{г,с}$ постоянны и связаны интегралом Бернулли с давлением P_1 и скоростью $v_{г1}$ в набегающем потоке:

$$P_c / P_\Gamma + 0,5 v_{г,с}^2 = P_1 / P_\Gamma + 0,5 v_{г1}^2 = P_1 / P_\Gamma + v_{г2}^2 / 2 = P^* / P_\Gamma,$$

где P^* — давление заторможенного потока, приблизительно равное (с точностью до гидравлических потерь во входных устройствах) давлению P_0 газа до местного отсоса.

В случае идеальной жидкости, если пренебречь трением и перемешиванием, за решеткой в некотором достаточно удаленном (теоретически бесконечно удаленном) сечении 2-2 в патрубке отсоса (рис. 1) поток будет представлять собой ряд параллельных струй шириной b , текущих со скоростью $v_{г2}$ под углом $\alpha_2 \geq \beta$. Параметры идеальной жидкости в сечениях 1-1 и 2-2 связаны уравнением неразрывности

$$-v_{г1} S \sin \alpha_1 = v_{г2} b, \quad (1)$$

интегралом Бернулли

$$\rho_1 / \rho_\Gamma + v_{г1}^2 / 2 = \rho^* / \rho_\Gamma \quad (2)$$

и уравнением количества движения (уравнением импульсов) в проекции на направление пластин

$$\rho_\Gamma Q_{г,к} \cos(\alpha_1 + \beta) + \rho_1 F_k \sin \beta = v_{г2} \rho_\Gamma V_{г,к} \cos(\alpha_2 - \beta) + \rho_2 F_k \sin \beta, \quad (3)$$

где $Q_{г,к}$ — объемный расход газа через канал, м³/с; F_k — площадь фронтальной поверхности одного канала решетки, м².

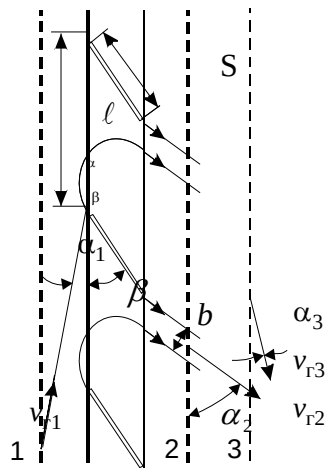


Рис. 1. Схема течения газа через круговую решетку

С учетом того, что $Q_{г,к} = v_{г1} F_k \sin \alpha_1$, из уравнений (2), (3) получим

$$\frac{v_{г2}}{v_{г1}} = (1/\sin \beta) \left[\sin \alpha_1 \cos(\alpha_2 - \beta) + \sqrt{\sin^2 \alpha_1 \cos^2(\alpha_2 - \beta) + \sin \beta \sin(2\alpha_1 + \beta)} \right]. \quad (4)$$

На графике (рис. 2) приведены результаты расчетов по этой формуле для различных α_2 . Значение угла α_2 , в свою очередь, зависит от α_1 и β , а также от густоты S/l решетки.

В принятых по рис. 1 обозначениях густота решетки представляется выражением

$$S/l = \cos \beta - \frac{v_{г1}}{v_{г2}} \sin \alpha_1 \sin(\alpha_2 - \beta) +$$

$$+ \frac{2 v_{г1}}{\pi v_{г2}} \operatorname{arth} \cos \left(\alpha_2 - \beta + \operatorname{arth} \frac{\cos(\alpha_1 + \beta)}{\operatorname{chn}} \right) \sin \alpha_1 \cos(\alpha_2 - \beta) +$$

$$+ \frac{1}{\pi} \left(\cos \beta + \left(\frac{v_{r1}}{v_{r2}} \right)^2 \cos(2\alpha + \beta) \right) \operatorname{arctg} \frac{\sin(\alpha_1 + \beta)}{\operatorname{sh} n}, \quad (5)$$

где $n = \ln \frac{v_{r1}}{v_{r2}}$.

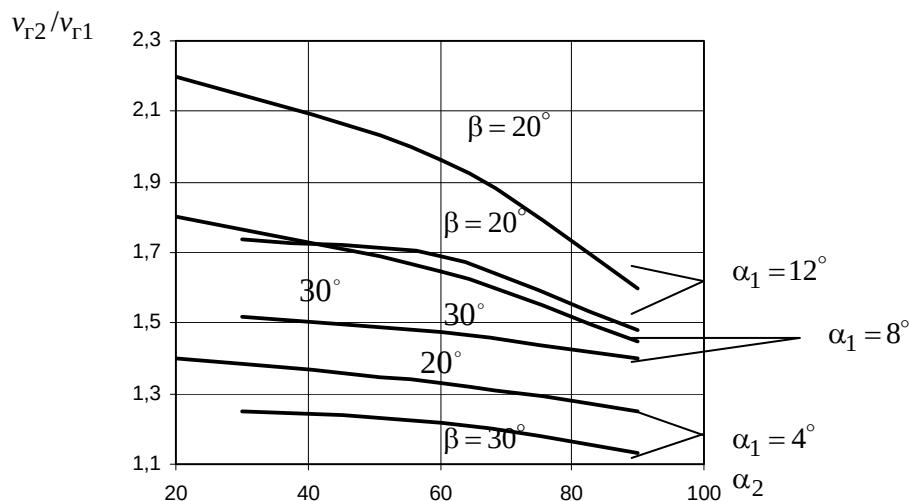


Рис. 2. Зависимость отношения скоростей v_{r2}/v_{r1} от угла α_2 при различных α_1 и β

Уравнения (4) и (5) дают возможность определить зависимость между углом α_2 и плотностью S/l решетки (рис. 3).

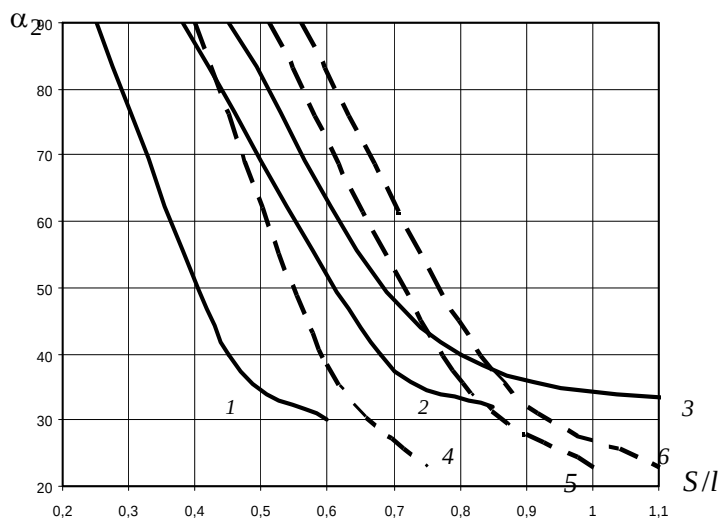


Рис. 3. Зависимость угла α_2 от плотности решетки S/l при различных α_1 и β , град., соответственно: 1 — 4 и 30; 2 — 8 и 30; 3 — 12 и 30; 4 — 4 и 20; 5 — 8 и 20; 6 — 12 и 20

При заданных величинах α , β , l и S , пользуясь графиком (рис. 3), можно определить соответствующий угол α_2 , а затем по графику (рис. 2) — отношение скоростей v_{r2}/v_{r1} .

Таким образом, полученные формулы могут рассматриваться как основа для разработки методики расчета вихревых локализирующих устройств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Степанов Ю.Г. Гидродинамическая теория решеток. М. : Наука, 1970. С. 103—152.
2. Стернин Л.Е. Двухфазные моно- и полидисперсные течения газа с частицами. М. : Машиностроение, 1980. 172 с.
1. Stepanov U.G. Gydrodynamicheskaya teorya reshotok. M. : Nauka, 1970. S. 103—152.
2. Sternin L.E. Dvuhfaznyye mono i polidispersnyye techeniya gaza s chastitsami. M. : Mashinostroyeniye, 1980. 172 s.

© Диденко В.Г., Шубин О.В., Голубева С.И., 2010

Поступила в редакцию
в октябре 2010 г.

УДК 687.921.45

С.В. Беломутенко, В.Г. Диденко, А.С. Остриков

ОЦЕНКА РЕАЛИЗУЕМОСТИ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТИРУЕМОЙ ПРИТОЧНОЙ СТРУИ В СХЕМАХ ВЫТЕСНЯЮЩЕЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Рассматриваются вопросы оценки параметров струи трапецеидальной формы в любой произвольно заданной точке ее сечения. Приведены результаты экспериментальной проверки реализуемости полученных аналитическим путем расчетных струй, формируемых трансформацией начального потока системой направляющих лопаток с изменяющимся углом наклона к первоначальному направлению его движения.

К л ю ч е в ы е с л о в а: приточная вентиляционная струя, вытесняющая вентиляция.

Questions parameter estimation of the jet trapezoidal in any arbitrarily assigned point on its cross-section considered. Results of experimental proof of the feasibility of the obtained analytically calculated jets formed by the transformation of the initial system of bafflers with the canting angle to the original direction of motion are given.

K e y w o r d s: forced air curren, displacing ventilation.

Системы вытесняющей вентиляции представляют собой одно из активно развиваемых направлений совершенствования вентиляционной техники. Их основными преимуществами являются обеспечение более высокого качества воздуха в обслуживаемой зоне помещения и удаление из нее загрязняющих веществ с более высокими концентрациями и более высокой энергетической эффективности по сравнению с традиционными перемешивающими системами распределения воздуха.

Очевидно, что определяющее значение в обеспечении функциональной и энергетической эффективности системы вытесняющей вентиляции имеет соответствие вида воздухораспределительного устройства механизму ее действия, в реализации которого важным условием является управление скоростным режимом движения приточного воздуха в обслуживаемой зоне помещения.

В последнее время появились воздухораспределительные устройства, способные управлять процессом развития приточных струй посредством их трансформации на начальной стадии формирования в зоне выходного сечения воздухораспределителя [1]. Такие струи, меняя свою конфигурацию, позволяют достигать заданных параметров в сечениях струи в процессе вытеснения их совокупностью загрязненного воздуха из зоны обслуживания.

Ниже рассмотрены результаты экспериментальной проверки реализуемости полученных аналитическим путем расчетных струй, формируемых трансформацией начального потока системой направляющих лопаток с изменяющимся углом наклона к первоначальному направлению его движения. На основе полученной аналитической модели такая приточная струя рассматривалась как совокупность развития некоторой суммы совместного движения потоков, например трапецеидальной формы, изменения параметров воздуха в каждом из которых подчиняется общим закономерностям. Тогда, получив описание процесса изменения параметров воздуха в одном потоке, можно оценить их изменение в целом по струе, т.е. оценить эффект ее воздействия на среду обслуживаемого помещения.

Исследования были выполнены в условиях изотермического истечения воздушной струи на экспериментальной установке, которая состояла из системы нагнетающих воздуховодов, расходомерного канала, камеры статического давления, насадка и контрольно-измерительной аппаратуры. Измерения скорости в сечении струи производились термоанемометром ЭТА 2 и шаровым зонтом в сочетании с многоканальным микроманометром М-250. Расход воздуха контролировался при помощи микроманометра М-250 в аэродинамически откалиброванном замерном канале [2].

Насадок, формирующий начальные условия истечения струи, представлял собой воздуховод длиной 1,2 м, сечение которого имело конфигурации равнобочной трапеции. В качестве характерного геометрического размера насадка была взята величина средней линии трапеции, представляющей форму начального сечения.

Для оценки ее влияния на характер трансформации струи в процессе ее поступательного распространения в соответствии с условиями аналитического моделирования трансформируемой приточной струи исследования проводились при отношении средней линии трапеции к ее высоте, равном 0,4083, 0,3083, 0,2083, 0,1083.

Из условия соблюдения автомодельности режима в отношении числа Рейнольдса скорость истечения соответственно принималась равной 16 и 24 м/с ($Re = 40000$).

На первоначальном этапе исследования был выполнен анализ закономерности изменения скорости вдоль оси струй, результаты которого приведены на рис. 1, по данным вычисления на основании аналитической зависимости

$$u_x = u_0 \sqrt{2 \left[\operatorname{erf} \frac{L}{Cx} \right] \left[\operatorname{erf} \frac{B_0 + Ltga}{Cx} \right]}, \quad (1)$$

где u_0 — начальная скорость выпуска струи, м/с; B_0 — половина средней линии выпускного трапецидального сечения, м; C — опытная константа, принимаемая по Г.Н. Абрамовичу.

Сравнение показывает, что на некотором начальном участке струи наблюдается заметное отклонение результатов вычислений от экспериментальных данных. Причиной этого является несколько искусственная предпосылка о линейном законе изменения осевой скорости осесимметричной струи без разделения ее на начальный и основной участки, которая была положена в основу аналитических построений при выводе расчетных формул. Однако уже на расстоянии x , равном $(3...4)l$, разница между значениями, полученными опытным путем и вычисленными по формуле (1), не превышает 3...5 %, что говорит о реализации данной предпосылки на основном участке струи без введения в расчетную формулу дополнительных констант.

Аналогичный вывод можно сделать, сопоставляя экспериментальные данные с кривой, вычисленной для условия истечения струи с начальной скоростью 24 м/с из отверстия трапецидальной формы с отношением средней

линии к высоте, равным $\frac{25}{120}$ (рис. 1).

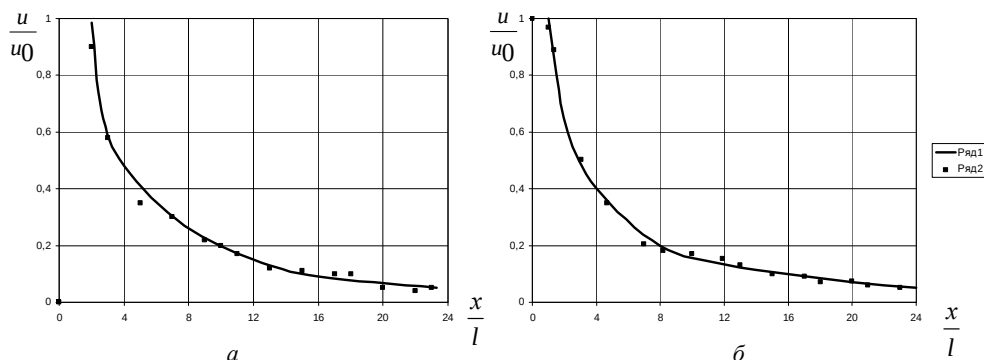


Рис. 1. Сопоставление экспериментальных данных с теоретической кривой изменения скорости вдоль оси струи: a — $u_0 = 16$ м/с; b — $u_0 = 24$ м/с

Таким образом, можно считать, что зависимость (1) достаточно точно описывает изменение осевой скорости на основном участке струи трапецидальной формы начального сечения. Кроме того, сравнение теоретических и экспериментальных данных на рис. 1, a и 1, b показывает, что с уменьшением угла при верхнем основании трапеции, представляющей форму начального сечения струи, падение осевой скорости происходит более интенсивно.

Вторым этапом исследований оценивалась закономерность изменения скорости в поперечных сечениях струи начальной трапецидальной формы. Первоначальные эксперименты показали сходство результатов, полученных при изучении закономерности изменения осевой скорости для струй трапецидального сечения с различным соотношением средней линии и высоты.

Замеры проводились в сечениях струи, удаленных от начального на расстоянии $x = 0,2; 0,4; 0,6; 1,0; 1,4$ м.

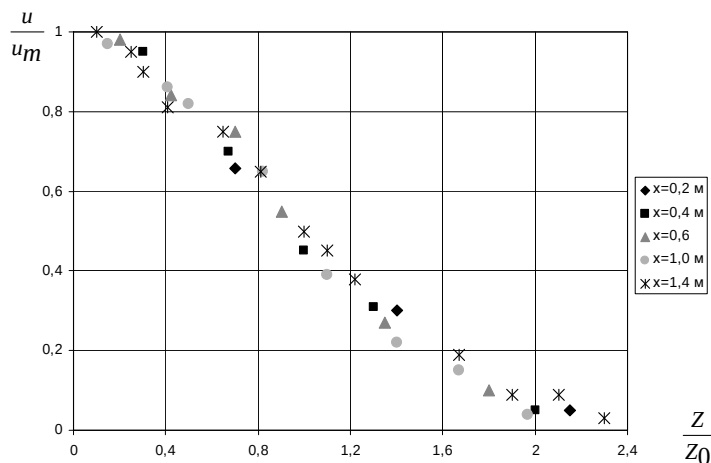


Рис. 2. Безразмерный профиль скорости в струе, истекающей из отверстия трапецидальной формы

Анализ экспериментальных данных, приведенных в безразмерных координатах (рис. 2), где по оси абсцисс откладывалось отношение расстояния от оси струи до заданной точки к расстоянию от точки, скорость которой равня-

лась половине осевой $\left(\frac{z}{z_c}\right)$, по оси ординат — отношение скорости в заданной точке к ее значению на оси струи в том же сечении $\left(\frac{u}{u_m}\right)$, показывает аффинность скоростных профилей в различных сечениях струи. Это является достаточным условием, свидетельствующим об автомодельности развития струи.

Таким образом, учитывая отмечаемое совпадение теоретических и экспериментальных данных, можно заключить, что полученные аналитическим путем расчетные формулы позволяют с достаточной точностью вычислять параметры струи трапецеидальной формы в любой произвольно заданной точке ее сечения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Абрамович Г.Н.* Теория турбулентных струй. М. : Физматгиз, 1960. 715 с.
2. *Вулис Л.А.* К расчету свободных турбулентных течений с помощью эквивалентной задачи теплопроводности // Изв. АН КазССР Сер. Энергетическая. 1960. Вып. 2(18). С. 34—37.
1. *Abramovich G.N.* Teoriya tyrbylentnykh struy. M. : Fizmatgiz, 1960. 715 s.
2. *Vylis L.A.* K raschetu svobodnykh tyrbylentnykh techeniy s pomoshchyu ekvivalentnoy zadachi teploprovodnosti // Izv. ANKazSSR Ser. Energeticheskaya. 1960. Vyp. 2(18). S. 34—37.

© Беломутенко С.В., Диденко В.Г., Остриков А.С., 2010

Поступила в редакцию
в октябре 2010 г.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 628.356

К.В. Цыганкова, Б.И. Мукосеев, Г.А. Захаров

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИСТЕЧЕНИЯ СВОБОДНОЙ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТРУИ ИЗ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО НАСАДКА

Рассмотрены вопросы физического моделирования процессов истечения жидкости из цилиндрических насадок в процессе взаимодействия с неподвижной воздушной средой. Гидродинамическая задача истечения и деформации струи решена в переменных Лагранжа с использованием полных скоростей сред, что обуславливает наибольшее приближение физической модели к реальному процессу течения.

К л ю ч е в ы е с л о в а: аэрация, переменные Лагранжа, преобразование Лапласа, свободная струя, функции Бесселя, цилиндрическая система координат, траектории тел-точек.

Consider of physical simulation of flow process fluid body from cylindrical probe under the process interaction with the fix air. The hydrodynamic problem and the expiration of the deformation of the jet is solved in Lagrangian coordinates, using full speeds of the medium, which accounts for the closest approach of the physical analogue to the real process flow.

K e y w o r d s: foaming, Lagrangian coordinates, Laplace transform, open jet, Bessel function, cylindrical coordinate system, propagation path body-points.

Получение универсальных расчетных зависимостей для определения расходов эжектируемого воздуха как основной величины процессов струйной аэрации и коэффициентов эжекции требует разработки и аналитического решения математической модели гидродинамики вертикальной струи с определением профиля скоростей и диаметра при взаимодействии ее со свободной поверхностью жидкости.

Исходя из задачи, рассмотренной в [1], предлагаемая модель процесса позволит решить ряд важных практических задач.

Взаимодействие свободной струи жидкости с воздухом в аэрационных установках при истечении из цилиндрического насадка обуславливает изменение геометрических характеристик струи в процессе истечения, влияющих на степень аэрации при взаимодействии ее с поверхностью жидкости.

В аэрационной установке [2] жидкость вытекает из круглого насадка с радиусом r (рис. 1) в виде вертикальной струи и взаимодействует с зеркалом воды, ограниченной цилиндрическим корпусом с внутренним радиусом R .

Задача решается в цилиндрической системе координат в переменных Лагранжа. Систему координат выберем следующим образом: ось q_3 направим вниз, вдоль оси цилиндрического насадка; ось q_1 направим перпендикулярно

оси q_3 , а угол q_2 будем откладывать против часовой стрелки. Пренебрегая вращением жидкости, задачу решим в плоскости q_1Oq_3 , откуда следует, что производные по q_{20} равны нулю. Перейдем к рассмотрению пространственной струи, которая имеет осевую симметрию.

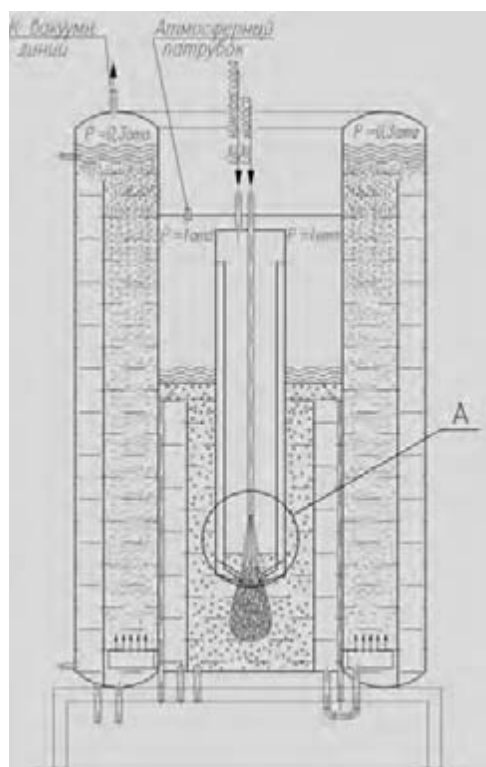


Рис. 1. Аэрационная установка [2]

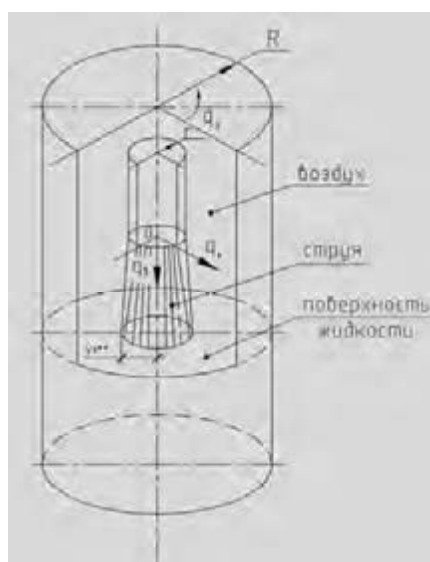


Рис. 2. Узел А. Схема расчета

Закон сохранения массы в переменных Лагранжа в принятой системе координат имеет вид

$$q_{10}\rho_0 J_0 = q_{1\rho} J, \quad (1)$$

$$\text{где } \det(J) = J = \begin{vmatrix} \frac{\partial q_1}{\partial q_{10}} & \frac{\partial q_1}{\partial q_{20}} & \frac{\partial q_1}{\partial q_{30}} \\ \frac{\partial q_2}{\partial q_{10}} & \frac{\partial q_2}{\partial q_{20}} & \frac{\partial q_2}{\partial q_{30}} \\ \frac{\partial q_3}{\partial q_{10}} & \frac{\partial q_3}{\partial q_{20}} & \frac{\partial q_3}{\partial q_{30}} \end{vmatrix}, \quad J_0 = \begin{vmatrix} \frac{\partial q_{10}}{\partial q_{10}} & \frac{\partial q_{10}}{\partial q_{20}} & \frac{\partial q_{10}}{\partial q_{30}} \\ \frac{\partial q_{20}}{\partial q_{10}} & \frac{\partial q_{20}}{\partial q_{20}} & \frac{\partial q_{20}}{\partial q_{30}} \\ \frac{\partial q_{30}}{\partial q_{10}} & \frac{\partial q_{30}}{\partial q_{20}} & \frac{\partial q_{30}}{\partial q_{30}} \end{vmatrix} = 1,$$

а закон об изменении количества движения (уравнения Навье — Стокса) в векторном виде запишется в таком виде [3]:

$$\frac{d^2 \vec{Q}}{dt^2} = g + v \left[\frac{\partial^2}{\partial a_1} \left(\frac{d\vec{Q}}{dt} \right) + \frac{\partial^2}{\partial a_2} \left(\frac{d\vec{Q}}{dt} \right) + \frac{\partial^3}{\partial a_3} \left(\frac{d\vec{Q}}{dt} \right) \right], \quad (2)$$

$$\text{где } \vec{Q} = J^T = \begin{pmatrix} \frac{\partial q_1}{\partial q_{10}} & \frac{\partial q_2}{\partial q_{10}} & \frac{\partial q_3}{\partial q_{10}} \\ \frac{\partial q_1}{\partial q_{20}} & \frac{\partial q_2}{\partial q_{20}} & \frac{\partial q_3}{\partial q_{20}} \\ \frac{\partial q_1}{\partial q_{30}} & \frac{\partial q_2}{\partial q_{30}} & \frac{\partial q_3}{\partial q_{30}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{dq_1}{dt} \\ \frac{dq_2}{dt} \\ \frac{dq_3}{dt} \end{pmatrix}.$$

Так как в нашем случае имеется осевая симметрия, то

$$\begin{aligned} \vec{Q} &= \begin{pmatrix} \frac{\partial q_1}{\partial q_{10}} & \frac{\partial q_3}{\partial q_{10}} \\ \frac{\partial q_1}{\partial q_{20}} & \frac{\partial q_3}{\partial q_{20}} \\ \frac{\partial q_1}{\partial q_{30}} & \frac{\partial q_3}{\partial q_{30}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{dq_1}{dt} \\ \frac{dq_3}{dt} \end{pmatrix} = \dots \\ &= \left(\frac{dq_1}{dt} \frac{\partial q_1}{\partial q_{10}} + \frac{dq_3}{dt} \frac{\partial q_3}{\partial q_{10}} \right) \vec{e}_1 + \left(\frac{dq_1}{dt} \frac{\partial q_1}{\partial q_{30}} + \frac{dq_3}{dt} \frac{\partial q_3}{\partial q_{30}} \right) \vec{e}_3 = Q_1 \vec{e}_1 + Q_3 \vec{e}_3. \end{aligned}$$

В силу отсутствия жестких стенок у струи давление в воздушной среде можно полагать постоянным, т.е. $p = \text{const}$.

Перейдем к выводу основных уравнений. В связи с тем, что жидкость не вращается, решение можно принять в виде

$$\begin{cases} q_1 = q_{10} + \varepsilon q_{11} + \dots, \\ q_3 = q_{30} + Q_3 + \varepsilon q_{31} + \dots, \\ p = p_0 + \varepsilon p_1 + \dots, \end{cases} \quad (3)$$

где ε — малый параметр. Подставим это решение в уравнения (1) и (2) и,

удерживая члены при ε , получим следующее уравнение, обозначив $\frac{dQ}{dt} = V$:

$$\frac{dV_f}{dt} - v \left(\frac{\partial^2 V_f}{\partial q_{10}^2} + \frac{1}{q_{10}} \frac{\partial V_f}{\partial q_{10}} \right) = g, \quad (4)$$

$$\frac{\partial Q_3}{\partial q_{30}} = 0 \text{ (следует из закона сохранения массы)}$$

с начальным условием $V_f(q_{10}, t = 0) = 0$.

Аналогичное уравнение с таким же начальным условием можно записать и для окружающего пространства, но без учета гравитации, а именно:

$$\frac{dV_a}{dt} - v \left(\frac{\partial^2 V_a}{\partial q_{10}^2} + \frac{1}{q_{10}} \frac{\partial V_a}{\partial q_{10}} \right) = 0, \quad V_a(q_{10}, t = 0) = 0. \quad (5)$$

Применяя преобразование Лапласа [4] для уравнений (4) и (5), получим систему уравнений, которые описывают поведение жидкости и окружающего воздуха для изображения

$$\begin{cases} \frac{d^2 Y_f}{dq_{10}^2} + \frac{1}{q_{10}} \frac{dY_f}{dq_{10}} - \lambda_f^2 Y_f = -\frac{g}{v\beta}, \\ \frac{d^2 Y_a}{dq_{10}^2} + \frac{1}{q_{10}} \frac{dY_a}{dq_{10}} - \lambda_a^2 Y_a = 0. \end{cases}$$

$$\text{Здесь } \lambda_f^2 = \frac{\beta}{v_f}, \quad \lambda_a^2 = \frac{\beta}{v_a}, \quad Y_f = \int_0^\infty V_f e^{-\beta t} dt, \quad Y_a = \int_0^\infty V_a e^{-\beta t} dt.$$

Преобразуем эти уравнения. Для этого введем новую переменную вида $\xi = i\lambda q_{10}$, $i = \sqrt{-1}$, $q_{10} = \frac{\xi}{i\lambda}$. Тогда получим следующее преобразование:

$$\begin{aligned} & \frac{d^2 Y_f}{d\left(\frac{\xi}{i\lambda_f}\right)^2} + \frac{1}{\frac{\xi}{i\lambda_f}} \frac{dY_f}{d\left(\frac{\xi}{i\lambda_f}\right)} - \lambda_f^2 Y_f = -\frac{g}{v_f \beta}, \\ & -\frac{\lambda_f^2 d^2 Y_f}{d\xi^2} + \frac{1}{\xi} \frac{\lambda_f^2 dY_f}{d\xi} - \lambda_f^2 Y_f = -\frac{g}{v_f \beta} \left| \frac{1}{\lambda_f^2} \right|. \end{aligned}$$

Аналогично и для окружающего пространства (воздуха). В итоге имеем в результате преобразований следующие уравнения:

$$\begin{cases} \frac{d^2 Y_f}{d\xi^2} + \frac{1}{\xi} \frac{dY_f}{d\xi} + Y_f = \frac{g}{\beta^2}, \\ \frac{d^2 Y_a}{d\xi^2} + \frac{1}{\xi} \frac{dY_a}{d\xi} + Y_a = 0. \end{cases}$$

Эти уравнения являются уравнениями Бесселя нулевого порядка с правой частью и без правой части. Их решения имеют вид [5, 6]:

$$Y_f = C_1 J_0(\xi) + C_2 Y_0(\xi) + \frac{g}{\beta^2},$$

$$Y_a = C_3 J_0(\xi) + C_4 Y_0(\xi).$$

Для определения постоянных C_1 , C_2 , C_3 и C_4 необходимо использовать граничные условия. В центре струи скорость должна быть ограничена, т.е.

$$V_f(q_{10}=0, \beta) < \infty.$$

Отсюда вытекает, что для изображения скорости жидкости на оси струи получаем

$$Y_f(\xi=0, \beta) < \infty.$$

На стенке корпуса радиуса R скорость будем считать равной нулю, т.е.

$$V_a(q_1=R, \beta) = 0.$$

Изображения скорости запишется в таком виде:

$$Y_a(\xi=\xi_0, \beta) = 0.$$

На основании ограниченности решения необходимо положить $C_2 = 0$. Итак, необходимо определить три оставшихся неизвестных. Для их определения необходимо составить три уравнения. Одно уравнение получается из равенства нулю скорости воздуха на стенке большой трубы, т.е.

$$C_3 J_0(\xi_0) + C_4 Y_0(\xi_0) = 0 \text{ при } \xi = \xi_0.$$

Остальные два уравнения получаются из условий равенства скоростей и касательных напряжений на границе струи и воздуха.

$$Y_f = Y_a \text{ при } \xi = \xi_1 \text{ или } C_1 J_0(\xi_1) + \frac{g}{\beta^2} = C_3 J_0(\xi_1) + C_4 Y_0(\xi_1).$$

$$\mu_f \frac{dY_f}{d\xi} = \mu_a \frac{dY_a}{d\xi} \text{ при } \xi = \xi_1 \text{ или } \mu_f C_1 J_1(\xi_1) = \mu_a [C_3 J_1(\xi_1) + C_4 Y_1(\xi_1)].$$

Итак, получена система алгебраических уравнений для определения неизвестных C_1 , C_3 и C_4 . Выпишем эту систему уравнений:

$$\begin{cases} a_{12}C_3 + a_{13}C_4 = 0, \\ a_{21}C_1 + a_{22}C_3 + a_{23}C_4 = b, \\ a_{31}C_1 + a_{32}C_3 + a_{33}C_4 = 0. \end{cases}$$

Здесь $a_{12} = J_0(\xi_0)$, $a_{13} = Y_0(\xi_0)$, $a_{21} = J_0(\xi_1)$, $a_{22} = -J_0(\xi_1)$, $a_{23} = -Y_0(\xi_1)$,

$$a_{31} = \frac{\mu_f}{\mu_a} J_1(\xi_1), \quad a_{32} = -J_1(\xi_1), \quad a_{33} = -Y_1(\xi_1), \quad b = -\frac{g}{\beta^2}, \quad \xi_0 = \lambda R, \quad \xi_1 = \lambda r.$$

Решив эту систему уравнений, получим следующие выражения для неизвестных:

$$C_1 = \frac{b(a_{13}a_{32} - a_{12}a_{33})}{D}, \quad C_3 = \frac{ba_{13}a_{31}}{D}, \quad C_4 = \frac{ba_{12}a_{31}}{D},$$

где $D = a_{31}(a_{12}a_{23} - a_{13}a_{22}) + a_{21}(a_{13}a_{32} - a_{12}a_{33})$.

Выпишем решение задачи для изображения

$$Y_f = \frac{g}{\beta^2} \left\{ 1 - \frac{\lambda [Y_0(\xi_0)J_1(\xi_1) - J_0(\xi_0)Y_1(\xi_1)]}{D} J_0(\xi) \right\}, \quad (6)$$

$$Y_a = \frac{\mu_f}{\mu_a} \frac{g}{\beta^2} \left\{ \frac{\lambda Y_0(\xi_0)J_1(\xi_1)}{D} J_0(\xi) - \frac{\lambda J_0(\xi_0)J_1(\xi_1)}{D} Y_0(\xi) \right\}. \quad (7)$$

Обозначим $D = \lambda D_1$. Выражение для определителя D_1 в развернутом виде имеет вид

$$D_1 = \frac{\mu_f}{\mu_a} J_1(\xi_1) [J_0(\xi_0) Y_0(\xi_1) - Y_0(\xi_0) J_0(\xi_1)] + J_0(\xi_1) [J_1(\xi_1) Y_0(\xi_0) - Y_1(\xi_1) J_0(\xi_0)].$$

Запишем решение для изображения:

$$Y_f = \frac{g}{\beta^2} \left\{ 1 - \frac{[Y_0(\xi_0) J_1(\xi_1) - J_0(\xi_0) Y_1(\xi_1)]}{D_1} J_0(\xi) \right\}, \quad (8)$$

$$Y_a = \frac{\mu_f}{\mu_a} \frac{g}{\beta^2} \left\{ \frac{Y_0(\xi_0) J_1(\xi_1)}{D} J_0(\xi) - \frac{J_0(\xi_0) J_1(\xi_1)}{D} Y_0(\xi) \right\}. \quad (9)$$

Функции $Y_f(q_{10}, \beta)$ и $Y_a(q_{10}, \beta)$ являются мероморфными (дробными), поэтому для получения оригинала применим вторую теорему о разложении [2], для этого необходимо приравнять нулю D_1 и найти корни. Тогда на основании теоремы

$$\frac{A(\beta)}{\beta B(\beta)} \Rightarrow \frac{A(0)}{B(0)} + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{A(\beta_k)}{\beta_k B'(\beta_k)} \exp(\beta_k t).$$

Оригиналы $Y_f(q_{10}, \beta)$ и $Y_a(q_{10}, \beta)$ на основании вышеприведенной теоремы запишутся:

$$Y_f^*(q_{10}, t) = -g \sum_{k=1}^{\infty} F_{fk}(\beta_k) J_0(\xi_k) \varphi_k(t),$$

$$Y_a^*(q_{10}, t) = \frac{\mu_f}{\mu_a} g \sum_{k=1}^{\infty} F_{ak}(\beta_k, q_{10}) \varphi_k(t).$$

$$\text{Здесь } F_{fk}(\beta_k) = \frac{Y_0(\xi_0) J_1(\xi_1) - J_0(\xi_0) Y_1(\xi_1)}{\beta_k D_1'(\beta_k)}, \quad \varphi_k(t) = \frac{1}{\beta_k} [1 - \exp(-\beta_k t)],$$

$$F_{ak}(\beta_k, q_{10}) = \frac{J_{1k}(\xi_0) [Y_0(\xi_{0k}) J_0(\xi_k) - J_0(\xi_{0k}) Y_0(\xi_k)]}{\beta_k D_1'(\beta_k)}, \quad D_1'(\beta) = \frac{dD_1}{d\beta}.$$

Итак, поле скоростей определено, а для траекторий необходимо эти выражения еще раз проинтегрировать по времени.

Траектории тел-точек (путь движения частиц) запишутся в виде

$$Y_f^{**}(q_{10}, t) = q_{30} - g \sum_{k=1}^{\infty} F_{fk}(\beta_k) J_0(\xi_k) \varphi_{1k}(t), \quad (10)$$

$$Y_a^{**}(q_{10}, t) = q_{30} + \frac{\mu_f}{\mu_a} g \sum_{k=1}^{\infty} F_{ak}(\beta_k, q_{10}) \varphi_{1k}(t), \quad (11)$$

где

$$\begin{aligned}
\varphi_{1k}(t) &= \frac{1}{\beta_k} \int_0^t [1 - \exp(-\beta_k \tau)] d\tau = \frac{1}{\beta_k} \left\{ \tau \Big|_0^t + \frac{1}{\beta_k} \exp(-\beta_k \tau) \Big|_0^t \right\} = \\
&= \frac{1}{\beta_k} \left\{ t - 0 + \frac{1}{\beta_k} \exp(-\beta_k \tau) - \frac{1}{\beta_k} \right\} = \frac{1}{\beta_k^2} \left\{ \beta_k t - 1 + \exp(-\beta_k \tau) - \frac{1}{\beta_k} \right\} = \\
&= \frac{1}{\beta_k^2} [\beta_k t - \varphi_k(t)].
\end{aligned}$$

Тогда в частности для струи можно рассчитать текущий профиль Y_f^{**} , определив координаты тел-точек (путь движения частиц) относительно осей Q_1 и Q_3 .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фомин Д.П., Морозов Д.С., Цыганкова К.В. К расчету количественных характеристик процессов струйной аэрации жидкости // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архит. 2009. Вып. 14(33).
2. Патент № 72967, RU 72967 U1. Устройство для очистки сточных вод / Г.А. Захаров, К.В. Цыганкова, Д.П. Фомин, В.П. Черненко, Д.С. Морозов, М.И. Звонарев // Заявка 09.01.2008; № 2008100949/22; опубли. 10.05.2008; Бюл. № 13.
3. Мукошеев Б.И. Физические поля в переменных Лагранжа. Владивосток : ДальНаука, 2008. 383 с.
4. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. М. : Наука, 1965. 716 с.
5. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М. : ФМЛ, 1961. 703 с.
6. Справочник по специальным функциям / под ред. М. Абрамовича. М. : Наука, 1979. 831 с.

1. Fomin D.P., Morozov D.S., Tsygankova K.V. K raschetu kolichestvennykh kharakteristik protsessov struynoy aeratsii zhidkosti // Vestnik Volgogr. gos. arkhит.-stroit. un-ta. Ser.: Str-vo i arkhит. 2009. Vyp. 14(33).
2. Patent № 72967, RU 72967 U1. Ustroystvo dlya ochistki stochnykh vod / G.A. Zakharov, K.V. Tsygankova, D.P. Fomin, V.P. Chernenkov, D.S. Morozov, M.I. Zvonaryov // Zayavra 09.01.2008; № 2008100949/22; opubl. 10.05.2008; Byul. № 13.
3. Mukoseev B.I. Fizicheskiye polya v peremennykh Lagranzha. Vladivostok : Dal'Nauka, 2008. 383 s.
4. Lavrent'yev M.A., Shabat B.V. Metody teorii funktsiy kompleksnogo peremennogo. M. : Nauka, 1965. 716 s/
5. Kamke E. Spravochnik po obyknovennym differentsial'nyim uravneniyam. M. : FML, 1961. 703 s.
6. Spravochnik po spetsial'nyim funktsiyam / pod red. M. Abramovicha. M. : Nauka, 1979. 831 s.

© Цыганкова К.В., Мукошеев Б.И., Захаров Г.А., 2010

Поступила в редакцию
в августе 2010 г.

УДК 05.23.04

Т.М. Мягкая, Е.В. Пустовалов, К.А. Худадян

ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОАГУЛЯНТОВ И ОКИСЛИТЕЛЕЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ОКИСЛЯЕМОСТИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Рассмотрен реагентный метод очистки поверхности воды как единственная возможность стабильного снабжения населения питьевой водой, отвечающей требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода», по выбору эффективных коагулянтов и окислителей для снижения перманганатной окисляемости, цветности, pH и остаточного алюминия, которые являются одними из важных показателей воды систем хозяйственно-питьевого водоснабжения населенных мест.

К л ю ч е в ы е с л о в а: реагентный метод очистки питьевой воды, коагулянты, окисляемость.

Considered reactive cleaning procedure the water surface as the only possibility of a stable supply of drinking water suitable SanPiN 2.1.4.1074-01 "Drinking water". Quoted results research choosingly of effective coagulants and oxidants to reduce permanganate oxidation chroma, pH, and residual aluminum, which are among one of important indicators of water domestic water supply system supply of population aggregate.

К e y w o r d s : reagent cleaning procedure drinking water, coagulants, oxidation characteristic.

Традиционные технологии очистки поверхностных вод становятся в последнее время недостаточно эффективными из-за прогрессирующего загрязнения водоисточников, непредвиденного ухудшения качества воды в них вследствие техногенных аварийных ситуаций и сброса в водоемы неочищенных сточных вод.

Очистка природной воды с применением химических реагентов является единственной возможностью стабильного хозяйственно-питьевого водоснабжения в условиях интенсивного воздействия на водные источники. Основным направлением использования реагентов в России является переход при коагуляционной обработке воды от использования сульфата алюминия к применению оксихлоридов и полиоксихлоридов алюминия. Данные по токсичности солей алюминия для теплокровных животных при проведении исследований показывают, что оксихлорид алюминия (ОХА) и полиоксихлорид алюминия (ПОХА) менее токсичны по сравнению с сульфатом алюминия (СА). Практически опыт применения ПОХА и ОХА и результаты исследований показали, что коррозионная активность их водных растворов ниже по сравнению с водными растворами СА при одинаковых концентрациях в них Al_2O_3 . При использовании ПОХА и ОХА коррозионная активность обрабатываемой воды не повышается, что позволяет исключить ее стабилизационную обработку. Благодаря применению ПОХА и ОХА улучшаются условия эксплуатации водопроводных сетей за счет снижения коррозии и уменьшения отложений взвеси в трубопроводах. ПОХА и ОХА обладают большей способностью к полимеризации, что ускоряет процесс хлопьеобразования и осаждения коагулированной взвеси в очищаемой воде, работают в более высоком диапазоне pH, что приводит к полному их гидролизу и уменьшению остаточного алюминия в питьевой воде.

Снабжение водой населения, коммунальных и промышленных предприятий г. Волгограда осуществляется из р. Волги. Вода поверхностных источников, в том числе волжская, характеризуется повышенным содержанием органических веществ, образующихся разложением микрофлоры, фито- и зоопланктона, контроль которых осуществляется по показателям перманганатной окисляемости (ПГО) и химического потребления кислорода. В отдельные годы, особенно в паводковые периоды, ПГО повышается до $20 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, содержание общего железа — до $1 \text{ мг}/\text{дм}^3$.

После строительства Волжского гидроузла и образования водохранилища качество речной воды отличается малой мутностью по среднегодовым показателям ($0,55 \dots 2,0 \text{ мг}/\text{дм}^3$), максимальная мутность достигает $20,0 \text{ мг}/\text{дм}^3$. Цветность воды по усредненным годовым показателям составляет $15 \dots 25$ град., максимальное значение не превышает 40 град.

Нами были проведены исследования по выбору эффективных коагулянтов и окислителей для снижения ПГО питьевой воды. ПГО является одним из важных показателей воды систем хозяйственно-питьевого водоснабжения? и согласно [1] ее величина регламентируется до $5 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$.

Исследования проводились на опытной установке, моделирующей традиционную технологическую схему очистки воды. В состав установки входили: вертикальный смеситель (ВС), горизонтальный отстойник (ГО) и скорый фильтр (СФ).

Первая серия опытов проводилась по снижению ПГО в зависимости от времени аэрации. При этом определялась величина окисляемости исходной воды и воды после ВС, ГО и СФ через промежутки времени от 0,5 до 3 ч. Окисляемость воды составила, $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$: исходная — $6,5 \dots 7,68$; после ВС — $5,89 \dots 8,26$. При увеличении времени аэрации с 0,5 до 3 ч окисляемость снизилась: после ГО — до $6,07 \dots 7,14$; после СФ — до $5,82 \dots 7,14$. Результаты одного из опытов приведены на рис. 1.

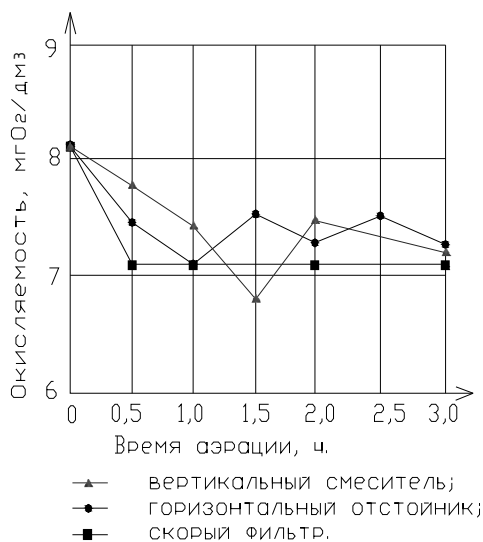


Рис. 1. Снижение окисляемости в Волжской воде в зависимости от времени аэрации (опыт № 1)

Вторая серия опытов проводилась после обработки воды окислителями: KMnO_4 и хлором. Дозы окислителей, $\text{мг}/\text{дм}^3$: KMnO_4 — 0,3; 0,5; 1,0; хлор — 3,0; 4,0; 5,0; 6,0. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Согласно табл. 1 окисляемость находилась в пределах: исходная — $8,56 \dots 8,93$; после фильтра — $7,23 \dots 7,88 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. С увеличением дозы KMnO_4 окисляемость обработанной воды после фильтра снижается с 7,09 (доза KMnO_4 — 0,3) до $4,58 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ (доза KMnO_4 — 1,0). При обработке воды хлором окисляемость снизилась до $5,21 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ (доза хлора $6,0 \text{ мг}/\text{дм}^3$).

Т а б л и ц а 1

Снижение окисляемости воды после обработки окислителями

№ опы-та	Место отбора проб	Окисляемость до обработки воды, мгО ₂ /дм ³	Окисли-тель	Доза, мг/дм ³	Окисляемость после обработки, мгО ₂ /дм ³	
					исходной воды	после фильтров
1	2	3	4	5	6	7
1	Исходная	8,56	KMnO ₄	0,3	8,02	6,94
	После фильтра	7,88		0,5	7,71	6,61
				1,0	7,25	6,15
2	Исходная	8,91	KMnO ₄	0,3	8,24	6,01
	После фильтра	7,54		0,5	6,51	5,67
				1,0	6,12	4,58
3	Исходная	8,98	KMnO ₄	0,3	8,04	7,09
	После фильтра	7,23		0,5	7,51	6,48
				1,0	6,83	5,94
4	Исходная	8,93	Хлор	3,0	7,54	—
				4,0	6,82	—
				5,0	6,28	—
				6,0	5,21	—
5	Исходная	8,71	Хлор	3,0	7,83	—
				4,0	7,04	—
				5,0	6,11	—
				6,0	5,88	—

Третья серия опытов проводилась с использованием коагулянтов СА и ОХА с дозами $D_k = 10, 30$ и 50 мг/дм³. В обработанной воде определялись величины окисляемости, цветности, рН и остаточного алюминия. Результаты исследований приведены в табл. 2 и на рис. 2 и 3.

Т а б л и ц а 2

Результаты исследований после обработки воды коагулянтами СА и ОХА

Вид коагулянта	Доза коагулянта, мг/дм ³	Окисляемость, мгО ₂ /дм ³	Цветность, град.	рН	Остаточный алюминий, мг/дм ³
СА	10,0	7,68	20	7,16	0,12
ОХА	10,0	7,52	15	6,74	0,40
СА	30,0	7,04	15	6,76	0,45
ОХА	30,0	2,72	5	6,08	0,20
СА	50,0	7,52	10	6,70	0,18
ОХА	50,0	2,88	5	5,26	0,25

П р и м е ч а н и е. Окисляемость исходной воды составляла $9,0$ мгО₂/дм³.

Согласно табл. 2 видно, что наиболее эффективным коагулянтом является ОХА. Окисляемость обработанной воды при $D_k = 10$ мг/дм³ снижается с $9,00$ до $7,52$ мгО₂/дм³; при $D_k = 30$ мг/дм³ — до $2,72$ мгО₂/дм³; при $D_k = 50$ мг/дм³ — до $2,88$ мгО₂/дм³. При этих же дозах коагулянта ОХА цветность воды уменьшается до $5...15$ град. Величина остаточного алюминия составила $0,2...0,4$ мг/дм³, что соответствует требованиям [1].

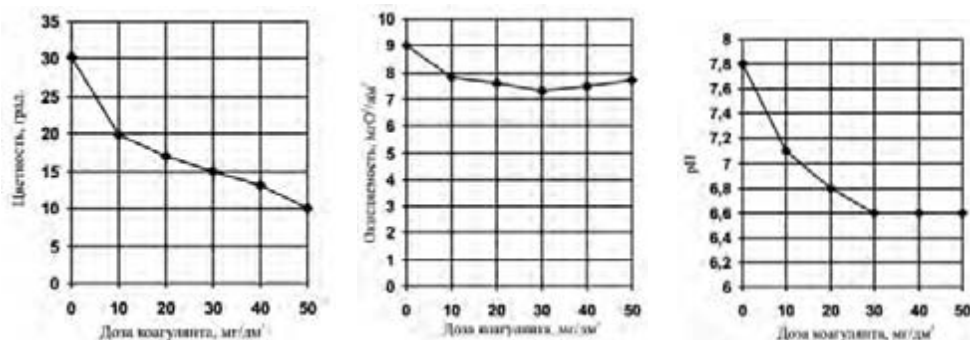


Рис. 2 (вверху и слева). Изменение окисляемости, цветности, pH и остаточного алюминия в воде в зависимости от дозы СА

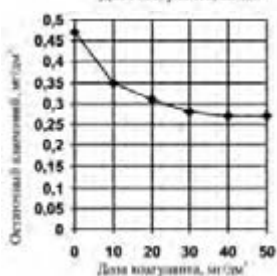
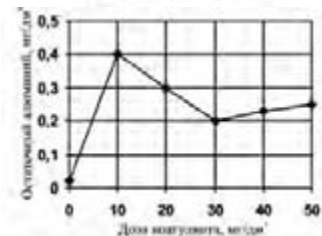
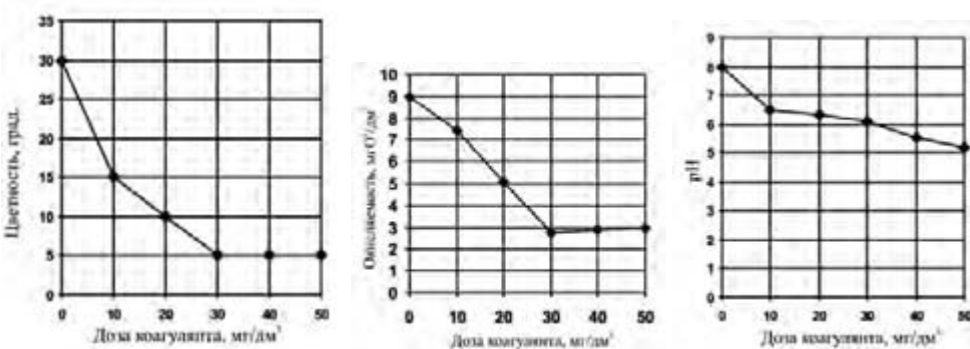


Рис. 3 (внизу). Изменение окисляемости, цветности, pH и остаточного алюминия в воде в зависимости от дозы ОХА



Выводы. 1. Проведенные исследования показали, что более эффективным окислителем является KMnO_4 . 2. Наибольшее снижение окисляемости происходит при использовании коагулянта ОХА, активной частью которого является Al_2O_3 .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СанПиН 2.1.4.1074—01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества : санитарные правила и нормы. М. : ИИЦ Госкомсанэпиднадзора России, 2001. 111 с.

1. SanPiN 2.1.4.1074—01. Pityevaya voda. Gigiyenicheskiye trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pityevogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva : sanitarnyye pravila i normy. M. : IITs Goskomsanepidnadzora Rossii, 2001. 11 s.

© Мягкая Т.М., Пустовалов Е.В., Худаян К.А., 2010

Поступила в редакцию
в августе 2010 г.

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО. ГИДРАВЛИКА

УДК 556.18:504.06:556.51

С.М. Гаврилюк

РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ УЧАСТКА РЕКИ БЕЛОЙ НА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ

На примере участка среднего течения р. Белой (Республика Башкортостан) в рамках бассейновой геосистемы проведены исследования с целью повышения функциональной надежности систем водоснабжения промышленных предприятий. Приведены результаты учета уровня воды в створах расположения береговых водозаборных сооружений.

Установлен характер размещения струенаправляющих шпор, оградительной дамбы, подпорного сооружения, которые обеспечили необходимую гидравлическую структуру в створах, соответственно, уровенный режим, и способствовали снижению уровня заиления во время паводка в районе водозаборных окон.

Для обоснования проведения комплексных мероприятий по обеспечению необходимого уровня режима в створах водозаборных насосных станций путем увеличения продольных скоростей и выносом влекомых наносов за пределы водозаборных окон были выполнены расчеты гидравлических элементов поперечного живого сечения поверхностного потока, а также определена размывающая скорость потока.

К л ю ч е в ы е с л о в а: водозабор, насосная станция, гидравлические исследования, пространственная модель, водные ресурсы, бассейновая геосистема.

In terms of middle reach of Belaya river (Republic of Bashkortostan) within the basin geosystem undertook a study in order to improve the functional reliability of water systems of industrial institutions. Results on the integration of water administration aligned of the shore intake are presented.

The character accommodation retards, dike, checks, which have provided the necessary hydraulic structure aligned, respectively, level of the regime and contributed to the retrogression of sedimentation during the intake opening defined.

To justify the conduct of comprehensive measures to ensure the necessary level aligned pump intake pumping stations by increasing the longitudinal velocity and drawn transported deposits outside the intake opening we performed accounting the hydraulic elements of the effective cross-section of the surface flow, and also defined the scouring rate of strand.

K e y w o r d s: diversion capacity, pump hous, hydraulic studies, spatial model, water resources, basin geosystem.

Анализ эксплуатации систем водоснабжения промышленных предприятий многих регионов России (Западной Сибири, средней полосы России: Самарской, Саратовской областей) за период более 50 лет свидетельствует, что в бассейновых геосистемах произошли значительные естественные и связанные с хозяйственной деятельностью изменения в формировании и перераспределении стока [1]. Эти изменения обусловили снижение функциональной надежности работы береговых водозаборных сооружений крупных промышленных предприятий.

Одним из таких регионов является Республика Башкортостан. В пространственных пределах бассейновой геосистемы р. Белой сконцентрирован значительный промышленный потенциал многих отраслей хозяйственной деятельности. Естественная взаимосвязь береговых водозаборных сооружений промышленных предприятий городов Уфа, Стерлитамак, Салават, Ишимбай, Кумертау и Мелеуз определила тенденцию снижения уровней воды в русловой части в створах размещения водозаборных насосных станций. Это было вызвано происходящими изменениями в пределах верхнего и среднего течения р. Белой.

Это обстоятельство предопределило актуальность и необходимость проведения исследований по разработке элементов системного подхода для обеспечения функциональной надежности работы существующих водозаборных сооружений путем их комплексной системной реконструкции. Одной из задач были лабораторные модельные исследования, при которых использовались различные виды гидротехнических конструкций с целью формирования оптимальной гидравлической структуры речного потока для обеспечения функциональной надежности береговых водозаборных сооружений.

Система водоснабжения ОАО «Салаватнефтеоргсинтез», находящегося в г. Салават, включает три береговые водозаборные насосные станции производительностью $1 \text{ м}^3/\text{с}$ ($3600 \text{ м}^3/\text{ч}$) каждая.

Гидравлические модельные исследования имели своей целью изучение факторов, влияющих на формирование необходимой структуры речного потока при различных режимах работы струенаправляющих шпор, водоподпорного сооружения и правобережной оградительной дамбы в створах отбора в систему водоснабжения предприятия ОАО «Салаватнефтеоргсинтез».

Исходя из результатов натурных исследований для повышения функциональной надежности работы береговых водозаборных НС-1, НС-2 и НС-3 и соответственно системы водоснабжения предприятия ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» было рекомендовано применить необходимый комплекс гидротехнических сооружений. В состав комплекса вошли водоподпорное регулирующее сооружение шандорного типа, правобережная оградительная дамба и струенаправляющие шпоры (рис. 1).

Моделирование рассматриваемого участка р. Белой и проведение гидравлических исследований выполнялись в соответствии с рекомендациями, изложенными в работах А.П. Зегжда, И.И. Леви, В.С. Лапшенкова, М.М. Мордвинцева и др. При выборе масштаба модели учитывались требования по сохранению геометрических параметров участка р. Белой с учетом криволинейности русла и условий входа и выхода речного потока. Масштаб модели (вертикальный, горизонтальный) был принят 1:100 ($\lambda=100$) из условий полного геометрического подобия и равенства коэффициентов сопротивления модельного и натурального русла.

Для определения расходов воды, подаваемой на модельную установку, в верхнем бьефе установлен треугольный мерный водослив с углом 90° . Замеры уровней воды перед мерным водосливом производятся уровнемером (шпицен-масштабом), снабженным устройством индикации (контактный метод замера).

Погрешность измерения уровней воды этими уровнемерами зависит от волнения водной поверхности, точности отсчета и находится в пределах 1...3 %.

Перед проведением опытов водослив тарировался. Определялся «0» водослива, а затем объемным способом определялся расход, проходящий через

мерный водослив. Тарировка производилась с целью исключения погрешностей при пропуске малых расходов. Результаты тарировки удовлетворительно совпали с результатами, полученными по формуле Х. Кинга через неподтопленный треугольный водослив с тонкой стенкой.

$$Q = 1,324H_B^{2,47}, \quad (1)$$

где H_B — глубина воды на пороге водослива.

Погрешность треугольного водослива не превышает 2 % при $H_B \geq 50,8$ и 5 % при $H_B < 50,8$ мм.

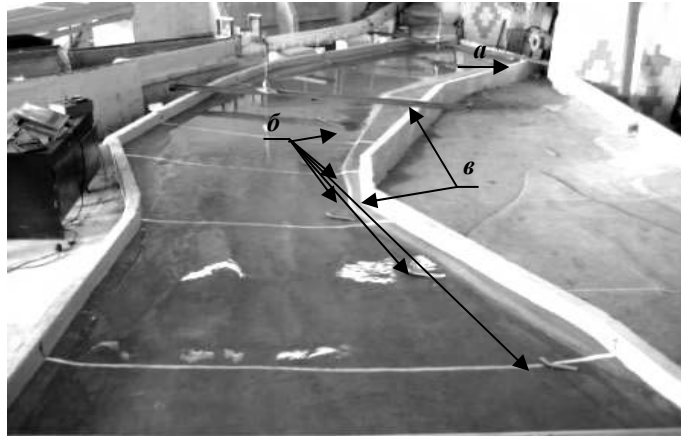


Рис. 1. Гидравлическая пространственная модель участка р. Белой в районе расположения НС-1, НС-2 и НС-3: а — водоподпорное регулирующее сооружение; б — струенаправляющие шпоры; в — правобережная оградительная дамба

Уровни воды на модели также измерялись с помощью шпигенмасштабов, снабженных индикатором с точностью до $\pm 0,1$ мм, что соответствует ± 10 мм абсолютной натурной величины. Как правило, в натуре горизонты воды измеряются с точностью ± 10 мм.

Замеры скоростей по глубине потока в различных створах (изучение скоростной структуры водного потока) осуществлялись с помощью автоматизированной системы, состоящей из дискретного датчика — микровертушки размером 4 мм, аналогового частотомера и счетчика импульсов, передающего данные для обработки в ЭВМ.

В качестве датчика скорости использовалась четырехконтактная микровертушка из алюминия, изготовленная в Новочеркасской государственной мелиоративной академии, со следующими параметрами: диаметр ротора — 4 мм, число лопастей — 4, ширина лопасти — 4 мм, нижний предел измеряемой скорости — 0,035 м/с, верхний предел — 2,0...2,5 м/с. Датчик пробарирован в Аксайском градуированном бассейне Северо-Кавказского управления ГУМС.

По данным исследований Э.И. Иванова статистическая погрешность измерения системы равна

$$\delta_c = \delta_B + \delta_{a.ч} + \delta_{ц.ч}, \quad (2)$$

где δ_B — статистическая погрешность микровертушки — 3 %; $\delta_{a.ч}$, $\delta_{ц.ч}$ — статистическая погрешность аналогового и цифрового частотомеров, $\delta_{a.ч} + \delta_{ц.ч} = 0,03$ %.

Таким образом, погрешность измерения скоростей потока в опытах с помощью микровертушки находится в пределах 4 %.

Гидравлические исследования по формированию необходимой гидравлической структуры потока в расчетных створах отбора воды НС-1, НС-2 и НС-3 включали в себя 5 серий опытов (всего более 300) и проводились в соответствии с решаемой задачей:

серия I — исследование структуры потока при устройстве водоподпорного сооружения, ограждающей дамбы и струенаправляющих шпор разной длины;

серия II — исследование структуры потока с тремя первыми сплошными шпорами длиной 40 м в натуре;

серия III — исследование структуры потока со средней шпорой длиной 60 м, первые две по 40 м;

серия IV — исследование структуры потока при заилении пространства за шпорами серии III наносами и образованием линии берега;

серия V — исследование структуры потока без шпор с оградительной дамбой и водоподпорным сооружением.

Пересчет натуральных параметров в модельные и модельных в натурные производился по общеизвестным формулам моделирования, где основным фактором воздействия на речной поток является сила тяжести, т.е. моделирование руслового потока производилось по числу Фруда из условия равенства $Fr(m) = Fr(n)$ с соблюдением геометрического подобия.

Гидравлическая структура руслового потока с возникающей поперечной циркуляцией на криволинейном участке реки, где размещены НС-1, НС-2 и НС-3, определяет характер перемещения влекомых донных наносов. От характера накопления и перемещения донных наносов в местах размещения водозаборных станций, как показали результаты комплексных исследований, зависит функциональная надежность системы водоснабжения предприятия ОАО «Салаватнефтеоргсинтез». Лабораторными исследованиями было установлено, что НС-1 находится на переходном участке русла р. Белой между двумя поворотами, где практически отсутствует поперечная циркуляция, что способствует занесению всасывающего оголовка донными наносами. Развитию поперечной циркуляции препятствует расширяющееся в плане русло.

Для увеличения продольных скоростей и образования устойчивой поперечной циркуляции в паводковый период было предложено устройство струенаправляющих (сквозных, сплошных) шпор. При наличии струенаправляющих сооружений живое сечение речного потока уменьшается, пространство за шпорами заливается и транспортирующая способность наносов в оставшемся живом сечении русла увеличивается.

Таким образом, на основе результатов модельных исследований была сформирована устойчивая гидравлическая структура руслового потока в створах размещения НС-1, НС-2 и НС-3. Результаты модельных исследований показали, что такая гидравлическая структура потока на рассматриваемом участке р. Белой обеспечивает достаточную транспортирующую способность речного потока и необходимую функциональную надежность системы водоснабжения предприятия ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» в меженные летне-осенние и зимние периоды эксплуатации. Устройство на правом берегу продольной защитной дамбы и водоподпорного регулирующего сооружения ниже по течению (200 м) от створа НС-3 определено на основе модельных

исследований [3]. Наличие этих сооружений в комплексе со струенаправляющими сооружениями повышает уровень устойчивости сформированной гидравлической структуры речного потока на данном участке р. Белой.

На основе результатов гидравлических исследований выявлен характер распределения скоростей по глубине потока и в плане в расчетных створах (рис. 2), по численным значениям которых были получены экспериментальные зависимости $V_{cp} = f(h, B)$ (рис. 3) при руслоформирующем расходе $Q = 1000 \text{ м}^3/\text{с}$.

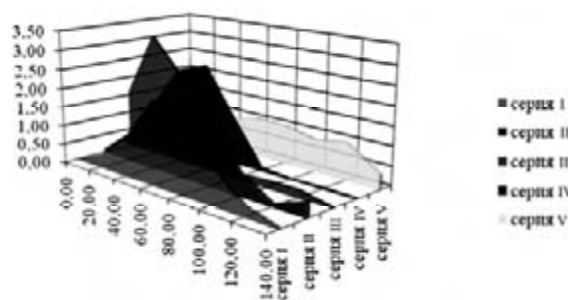


Рис. 2. Эпюры скоростей в створе № 4 расположения НС № 1 в соответствии сериям опытов, руслоформирующий расход $1000 \text{ м}^3/\text{с}$

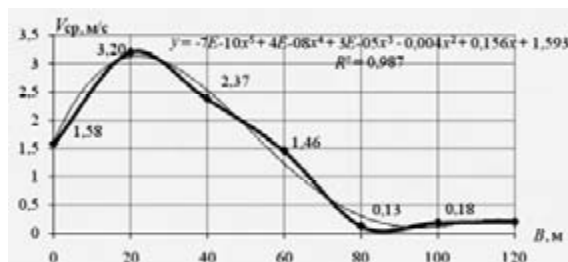


Рис. 3. НС-1. Створ 4, руслоформирующий расход $1000 \text{ м}^3/\text{с}$

Анализируя данные, можно отметить, что самый лучший результат дают шпоры, которые исследовались в серии III (рис. 2), где первые две шпоры по 40 м, третья шпора 60 м, а четвертая и пятая 36 и 42 м. В этом случае осредненные скорости V у НС-1 при расходах Q от 1000 до $1700 \text{ м}^3/\text{с}$ находились в пределах 1,42 и 1,81 м/с соответственно, что слабо влияет на структуру потока, незначительно смещая удельные расходы к вогнутому берегу (к насосным станциям).

В перспективе дальнейшего развития предприятия ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» и обеспе-

чения функциональной надежности системы его водоснабжения в V серии опытов был рассмотрен вариант устройства единого водозабора в створе НС-3. Для обоснования такого варианта размещения одного водозаборного сооружения с производительностью от 3 до $5 \text{ м}^3/\text{с}$ были исследованы теоретические аспекты гидравлической структуры речного потока применительно к данному участку р. Белой.

Гидравлическая структура речного потока на криволинейном участке русла реки обуславливается поперечной циркуляцией, которая определяется длиной этого участка L , расстоянием X в продольном направлении от начала поворота от вогнутого берега (правый берег р. Белой), средней донной скоростью потока $V_{д.ср}$, которая перемещает донные наносы и временем T , за которое струя потока переместится в продольном направлении на расстояние X .

Длина участка развития циркуляции в речном потоке определяется зависимостью

$$L = 0,479 C h_{ср}, \quad (3)$$

где $h_{ср}$ — средняя глубина потока; C — коэффициент Шези.

Средняя донная скорость потока на рассматриваемом участке реки определяется зависимостью

$$V_{д.ср} = \frac{1,56hVX}{\chi^2 RCh_{ср}}, \quad (4)$$

где h — средняя глубина потока по вертикали; V — средняя скорость потока в речном русле; χ — постоянная Кармана; R — расстояние от центра циркуляции речного потока.

Исходя из средней донной скорости потока $V_{д.ср}$ определяется время T , за которое донные наносы переместятся от выпуклого к вогнутому берегу:

$$T = \frac{b\chi^2 RCh_{ср}}{1,56hVX}, \quad (5)$$

где b — средняя ширина речного русла на участке развития циркуляции.

Расстояние X от начала поворота до створа водозаборного сооружения в зависимости от средней скорости потока V и диаметра донных наносов в речном русле d определяется зависимостью

$$X = \sqrt{\frac{0,1BRC(V - 11,25d^{0,57})h_{ср}}{hV}}. \quad (6)$$

На основе результатов теоретических и гидравлических модельных исследований было установлено, что для обеспечения устойчивой функциональной надежности системы водоснабжения предприятия ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» с учетом перспективного его развития и соответственно увеличения водопотребления целесообразно осуществлять водоотбор единой береговой насосной станцией в створе расположения НС-3.

Результаты исследований использованы при разработке проектной документации реконструкции береговых водозаборных сооружений НС-1, НС-2 и НС-3 ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» на р. Белой Республики Башкортостан.

Выводы. По результатам гидравлических исследований на пространственной модели М 1:100 выявлен характер распределения скоростей речного потока в расчетных створах. На его основе разработаны рекомендации по плановому размещению и конструктивному исполнению регулирующих сооружений для обеспечения функциональной надежности работы береговых водозаборных НС-1, НС-2, НС-3. Получены экспериментальные зависимости $V_{ср} = f(h, B)$, которые могут быть использованы при проектировании комплексных мероприятий, в том числе для прогнозных расчетов на стадии эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Россия: социально-экологические водные проблемы / под ред. А.М. Черняева ; Рос. НИИ компл. использования и охраны водных ресурсов. Екатеринбург : Агрокосмоэкология, 1999. 272 с.
2. *Леви И.И.* Динамика русловых потоков. М. : Госэнергоиздат, 1948. 224 с.
3. *Шари Дж.* Гидравлическое моделирование / пер. с англ. Л.А. Яснина ; под ред. С.С. Григоряна. М. : Мир, 1984. 280 с.
1. Rossiya: sotsial'no-ekologicheskiye vodnyye problemy / pod red. A.M. Chernyayeva ; Ros. NII kompl. ispol'zovaniya i okhrany vodnykh resursov. Ekaterinburg : Agrokosmoekologiya, 1999. 272 s.
2. *Levi I.I.* Dinamika ruslovykh potokov. M. : Gosenergoizdat, 1948. 224 s.
3. *Shari Dzh.* Gidravlicheskoye modelirovaniye / per. s angl. L.A. Yasnina ; pod red. S.S. Grigoryana. M. : Mir, 1984. 280 s.

Поступила в редакцию в сентябре 2010 г.

© Гаврилюк С.М., 2010

УДК 627.8:621.224.8

Д.В. Кашарин, М.А. Годин

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОБИЛЬНЫХ МИКРОГЭС РУКАВНОГО ТИПА ДЛЯ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ

Рассмотрены проблемы развития малой гидроэнергетики России. Обоснована актуальность применения мобильных микроГЭС для малых рек на территории России. Приводятся результаты численного моделирования для обоснования параметров мобильных микроГЭС рукавного типа.

К л ю ч е в ы е с л о в а: гидротехническое строительство, гидроэнергетика, мембранно-вантовые плотины, мобильная рукавная микроГЭС.

Development problems of small hydraulic power development of Russia are considered. Relevance of mobile small hydro-electric station for headwaters in Russia is justified. Numerical simulation results to justify the parameters of mobile small hydro-electric of station hand hose are supplied.

K e y w o r d s: hydraulic engineering, hydraulic power development, membrane-truss dam, mobile small hydro-electric station of station hand.

В последние десятилетия малая гидроэнергетика заняла устойчивое положение важной составляющей электроэнергетики многих стран мира. Немалую роль в ней играют микроГЭС, основными преимуществами которых являются:

- снижение потерь электроэнергии вследствие приближения энергоисточника к потребителю;

- уменьшение негативного влияния на окружающую среду по сравнению с крупными ГЭС;

- привлечение на их строительство финансовых средств местных бюджетов, деловых структур и физических лиц;

- создание комплексных энергоисточников в сочетании микроГЭС с солнечными, ветроэнергетическими и биогазовыми установками, а также дизельных, газомоторных и газотурбинных агрегатов или сочетаний, определяемых наличием местных ресурсов [1].

В Российской Федерации малые реки формируют около половины суммарного объема речного стока России. Энергетический потенциал малых рек России, использование которого возможно на современном уровне развития науки и техники, по разным источникам оценивается в 380...500 млрд кВт·ч, в том числе около 100 млрд кВт·ч в ее европейской части. Для использования энергетического потенциала малых рек применяются различные конструкции микроГЭС [2].

Существующие конструкции микроГЭС подразделяются на наплавные и погружные, не создающие подпора и эффективно работающие при скорости водного потока более 1 м/с, а также плотинные и деривационные, минимальный напор на которых принимается обычно не менее 6 м. Это ограничивает их применение на равнинных и предгорных малых реках. Кроме того, для объектов с децентрализованным энергоснабжением, например коттеджных поселков, фермерских хозяйств, требуется создание сезонно-действующих низконапорных водохозяйственных узлов, обеспечивающих надежность

энергоснабжения, водоснабжения, рекреации в меженный период и рекультивационный попуск для поддержания экологического состояния водного объекта во время половодья [3].

Нами разработаны конструкции мобильных микроГЭС рукавного типа для малых водотоков на основе низконапорной мембранно-вантовой плотины из композитных материалов, обеспечивающей подпор в водотоке от 1 до 3,5 м и перекрывающей пролет до 30 м, и гидротурбины (рис. 1) [4, 5].

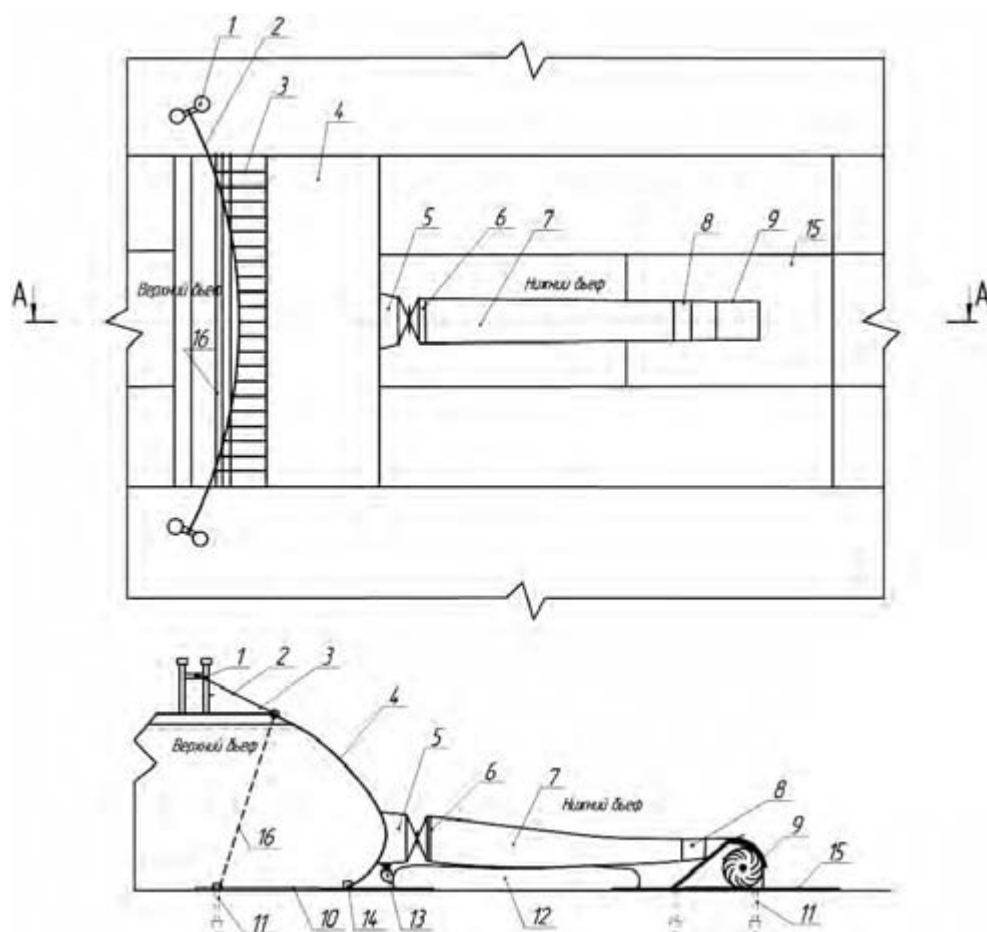


Рис. 1. МПРГС рукавного типа: *а* — план; *б* — разрез А-А; 1 — береговые анкера; 2 — ванты-оттяжки; 3 — ванта-подбор; 4 — водоподпорная оболочка; 5 — гибкое соединение; 6 — задвижка и байонетное соединение; 7 — гибкий рукав; 8 — жесткое соединение; 9 — гидроагрегат; 10 — рисберма; 11 — русловые анкера; 12 — грунтонаполняемое основание; 13 — соединительный шланг

Сооружение состоит из гибких понура и рисбермы, прикрепленных к руслу водотока с помощью русловых анкеров, а также водоподпорной оболочки, в нижней части прикрепленной к понуру, а в верхней — к береговым анкерным опорам посредством вантовой системы. К водоподпорной оболочке посредством гибкого соединения с задвижкой и байонетным соединением подсоединен рукав на грунтонаполняемом основании с гидроагрегатом.

Установка данной конструкции позволит создать водохозяйственный узел с решением локального (децентрализованного) энергообеспечения (до 50 кВт), орошения, водоснабжения, рыборазведения, обеспечит локализацию распространения лесных пожаров. К достоинствам установки относятся экологичность, минимальные работы по подготовке створа водотока, мобильность, транспортабельность в сложенном виде, возможность многократного использования в различных створах природных и искусственных водотоков.

Расчетом конструкций из композитных материалов (полимеров) занимались многие зарубежные и отечественные ученые: Отто Тростель, К.М. Хуберян, Б.И. Сергеев, В.А. Волосухин, В.И. Кашарин, Т.П. Кашарина и др. [6—8]. Ими были проведены теоретические и экспериментальные исследования незамкнутых и замкнутых оболочек, которые могут использоваться для расчета водоподпорной оболочки и поперечного сечения рукава.

Экспериментальные исследования гибкого рукава, сужающегося по направлению движения потока, не проводились. В связи с этим нами предусматривается проведение его физического моделирования, а также создание его расчетного обоснования.

Для предварительного обоснования параметров физической модели мобильной микроГЭС рукавного типа нами было проведено численное моделирование. Расчетные схемы МПРГС рукавного типа приведены на рис. 2.

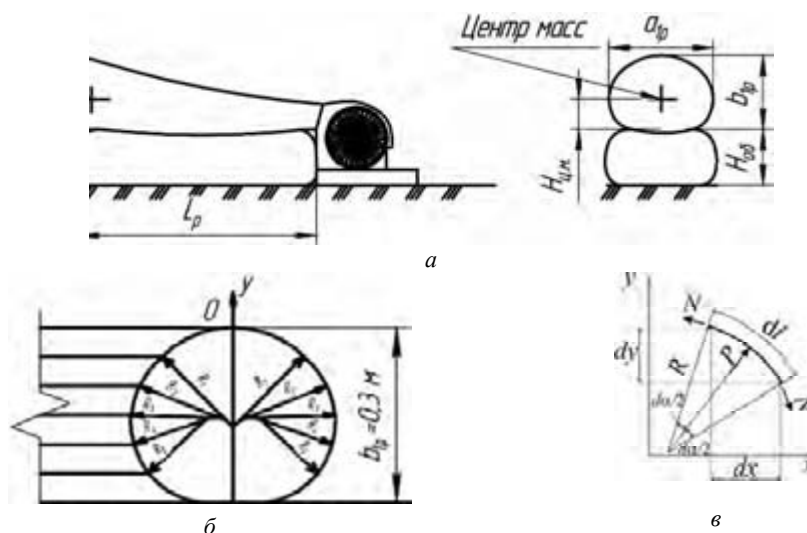


Рис. 2. Расчетная схема МПРГС рукавного типа: а — продольное сечение рукава; б — поперечное сечение по байонетному соединению; в — схема построения рукава графоаналитическим способом; г — расчетная схема элемента оболочки

Исходя из параметров гидравлического лотка (прямоугольный шириной $b_{л}=1,5$ м), максимально допустимого напора в верхнем бьефе $H = 1,0$ м и пользуясь критериями геометрического подобия, определяем начальный диаметр рукава 0,3 м после байонетного соединения, высоту грунтонаполняемой оболочки $H_{об} = 0,2$ м, а также определяем конструктивно вертикальный размер проточной части гидроагрегата 0,07 м и центра тяжести входного сечения 0,3 м. Длина рукава составляет $l_p = 1,5$ м (рис. 2, а).

Определяем поперечные сечения рукава с учетом наименьших потерь напора в нем, которое возможно при плавноизменяющемся движении потока (углы расхождения линий тока должны быть не более 10° , а радиусы поворота должны быть значительными).

Поперечное сечение рукава определяем на основе уравнения нити, нагруженной гидростатическим давлением [7].

$$p = \frac{N}{R}, \quad (1)$$

где p — сила избыточного гидростатического давления; N — растягивающее усилие; R — радиус кривизны поперечного сечения оболочки $R = \frac{dl}{d\alpha}$.

Напор в поперечном сечении оболочки определяем по следующей зависимости в статическом состоянии.

$$H_1 = H - H_{об} - H_{ц.м}. \quad (2)$$

Высота центра масс зависит от величины прогиба рукава.

$$p = \rho g H_1. \quad (3)$$

Подбираем размеры оболочек a_{ip} и b_{ip} таким образом, чтобы стенки рукава сходились под углом 10° и вычисляем растягивающие усилия в его i -м сечении:

$$N = \frac{p_0 b_{ip}}{2} + \frac{1}{4} \rho g b_{ip}^2. \quad (4)$$

Определяем радиус, в соответствии с расчетной схемой (рис. 2, в) для всех участков кривой можно записать следующее дифференциальное уравнение

$$R(x, y) = \pm \frac{\left[1 + (y'^2)\right]^{\frac{3}{2}}}{y''}. \quad (5)$$

Правую часть уравнения, принимая распределение гидростатического давления по участку подчиняющимся линейному закону, можно выразить следующим образом:

$$\frac{y''}{\left[1 + (y'^2)\right]^{\frac{3}{2}}} = 2ay + b, \quad (6)$$

где a и b — коэффициенты нагрузки, величина которых постоянна в пределах рассматриваемого участка и определяется по формулам

$$a = -\frac{\rho g}{2N}; \quad b = \frac{p}{N}. \quad (7)$$

В соответствии с зависимостями 3, 4 и 5 определяем для каждого i -го участка радиус кривизны по формуле с шагом 0,05 м, получим

$$R_i = \frac{1}{2a_i y + b_i}. \quad (8)$$

В результате расчета получили три поперечных сечения по длине рукава, приведены на рис. 3.

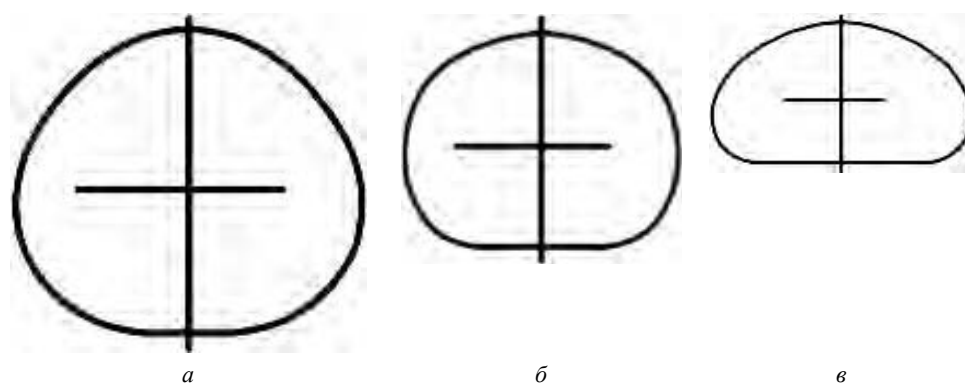


Рис. 3. Формы поперечного сечения рукава на расстоянии от байонетного соединения: *a* — 0,25 м; *б* — 1,00 м; *в* — 1,25 м

Нами были разработаны численные модели рукава при помощи программного обеспечения Solid Works, в приложении COSMOS Flo Xpress являющегося инструментом для анализа потоков, при расходах 0,1...0,04 м³/с. Данное приложение позволяет на основе метода конечных элементов моделировать движение реальной несжимаемой жидкости в рукаве, построенном по поперечным сечениям, полученным нами ранее. Результаты численного моделирования приведены на рис. 4.

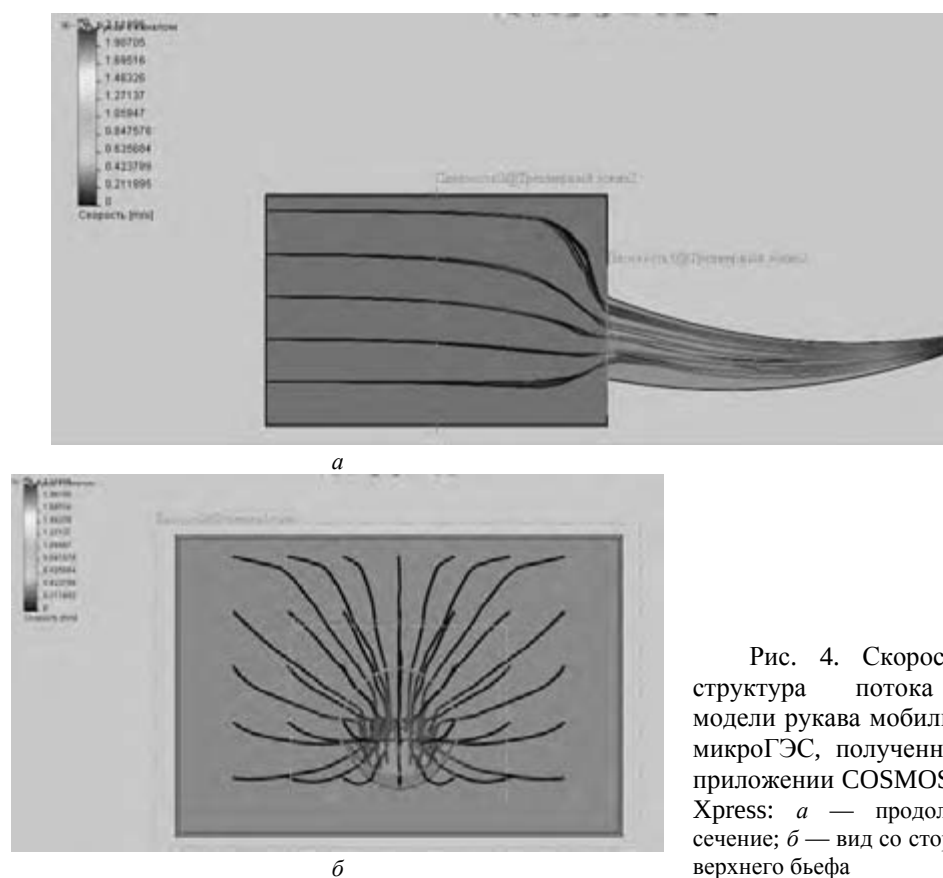


Рис. 4. Скоростная структура потока в модели рукава мобильной микроГЭС, полученная в приложении COSMOS Flo Xpress: *a* — продольное сечение; *б* — вид со стороны верхнего бьефа

На рисунках показаны линии тока, их цвет указывает на величину скорости, что дает наглядное представление о скоростной структуре потока внутри рукава.

Это позволило уточнить форму рукава и определить действующую на его стенки гидродинамическую нагрузку.

Для выявления характера изменения формы рукава нами было выполнено моделирование деформации стенок рукава под действием гидродинамической нагрузки при максимальном расходе $0,04 \text{ м}^3/\text{с}$ с помощью программы APM WinMachine. Характер распределения деформаций в рукаве приведен на рис. 5.

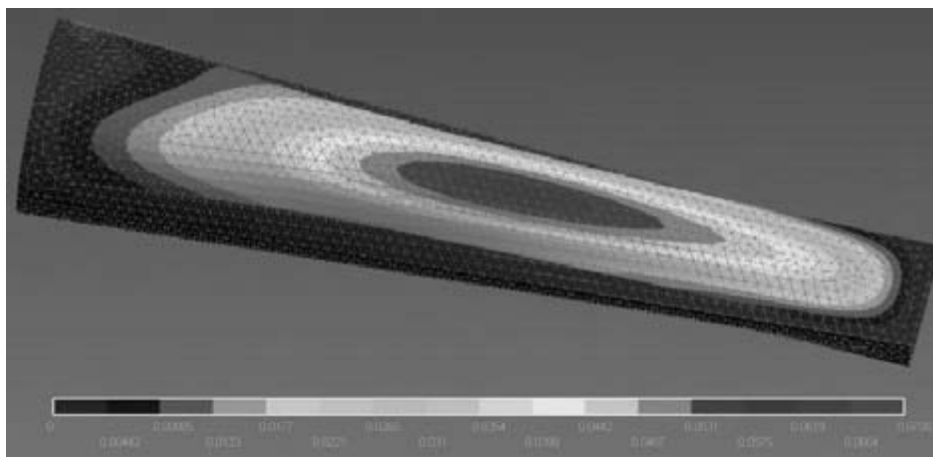


Рис. 5. Математическое моделирование деформации рукава

Результаты численного моделирования позволили уточнить параметры физической модели рукава микроГЭС, а также внести коррективы в его расчетные схемы. Математическое моделирование деформации рукава позволит в дальнейшем определить места установки ребер жесткости и оценить их влияние на фактические потери напора в ходе физического эксперимента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гидроэлектростанции малой мощности / А.Е. Андреев, Я.И. Бляшко, В.В. Елистратов и др. СПб., 2005. 431 с.
2. Историк Б.Л., Усачев И.Н., Шполянский Ю.Б., Малая нетрадиционная морская, речная и геотермальная энергетика // Малая энергетика 2004. № 1. 258 с.
3. Кашарин Д.В., Герман Г.М., Хецуриани Е.Д. Применение подпорно регулирующих гидроэнергетических сооружений в водохозяйственном строительстве и чрезвычайных ситуациях // Изв. высш. учеб. заведений. Северо-Кавказский регион. 2005. № 3. С. 33—45.
4. Кашарин Д.В., Годин П.А. Мобильные гидроэнергетические сооружения для малых водотоков // Гидротехническое строительство. 2009. № 6. С. 36—41.
5. Кашарин Д.В. Мобильные гидроэнергетические сооружения из композитных материалов // Мелиорация и водное хозяйство. 2007. № 4.
6. Кашарин Д.В. Гидроэнергетическое сооружение многоразового использования (варианты). Патент РФ № 2327836; опублик. 27.06.2008, Бюл. № 18.
7. Хуберян К.М. Рациональные формы трубопроводов, резервуаров и напорных перекрытий. М. : Госстройиздат, 1956. С 35—42.
8. Сергеев Б.И., Степанов П.М., Шумаков Б.Б. Мягкие конструкции в гидротехническом строительстве. М. : Колос, 1984. С. 11—31.

9. *Кашарина Т.П.* Мягкие гидросооружения на малых реках и каналах. М. : Мелиорация и водное хозяйство, 1997. 56 с.

1. *Gidroelektrostantsii maloy moshchnosti / A.E. Andreev, Ya.I. Blyashko, V.V. Elistratov etc.* SPb, 2005. 431 p.

2. *Istoriik B.L., Usachev I.N., Shpoljanskij Yu.B.* Malaya netraditsionnaya morskaya, rechnaya i geotermal'naya energetika // *Malaya energetika*. 2004. № 1. 258 s.

3. *Kasharin D.V., Herman G.M., Khetsuriani E.D.* Primeneniye podporno regulituyushchikh gidroenergeticheskikh sooruzheniy v vodokhozyaystvennom stroitel'stve I chrezvychaynykh situatsiyakh // *Izv. vyssh. ucheb. zavedeniy. Severo-Kavkaz. region*. 2005. № 3. S. 33—45.

4. *Kasharin D.V., Godin P.A.* Mobil'nyye gidroenergeticheskiye sooruzheniya dlya malykh vodotokov // *Gidrotekhnicheskoye stroitel'stvo*. 2009. № 6. S. 36—41.

5. *Kasharin D.V.* Mobil'nyye gidroenergeticheskiye sooruzheniya iz kompozitnykh materialov // *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo*. 2007. № 4.

6. *Kasharin D.V.* Gidroenergeticheskoye sooruzheniye mnogorazovogo ispol'zovaniya (varianty). Patent RF № 2327836; opubl. 27.06.2008, Byul. №18.

7. *Huberyan K.M.* Ratsional'nyye formy truboprovodov, rezervuarov i napornykh perekrytiy. 1956. S. 32—42.

8. *Sergeev B.I., Stepanov P. M., Shumakov B.B.* Myagkiye konstruksii v gidrotekhnicheskoye stroitel'stve. M. : Kolos, 1984. S. 11—31.

9. *Kasharina T.P.* Myagkiye gidrosooruzheniya na malykh rekakh i kanalakhs. M. : Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo, 1997. 56 s.

© *Кашарин Д.В., Годин М.А., 2010*

*Поступила в редакцию
в октябре 2010 г.*

**ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ
И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ.
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

УДК 711.168 (470.61-25)

К.А. Агеева

**ОСОБЕННОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИЧЕСКОЙ СРЕДЫ
В г. РОСТОВЕ-НА-ДОНУ**

Приведено описание основных направлений реконструкции в условиях сложившейся исторической среды. Предложен алгоритм реконструкции центрального планировочного района города Ростова-на-Дону — района Нахичевань.

К л ю ч е в ы е с л о в а: архитектура, реконструкция, направления, центр, историческая среда города.

The description of the key-notes of the reconstruction under the existing historical environment is reduced. The inversion algorithm of the central planning the city borough of Rostov-on-Don (Nakhichevan) was proposed.

К е у w o r d s: architecture, reconstruction, key-notes, center, historical environment of the city, downtown.

В центрах исторических районов городов наиболее остро и сложно стоят проблемы их реконструкции (здесь сконцентрировано 90 % старого фонда жилья и общественных объектов, транспортного и пешеходного движения). Здесь остро стоят проблемы снижения плотности существующей застройки и транспортного движения, улучшение санитарно-гигиенических качеств исторических кварталов. В то же время плотность застройки центральных районов обуславливает повышение интенсивности использования их территории при сохранении ценной исторической среды. Все это значительно усложняет реконструкцию центральных исторических районов. Однако попробуем привести один из возможных алгоритмов решения описанных проблем на примере реконструкции центрального планировочного района города Ростова-на-Дону — района Нахичевань.

Всякий процесс реконструкции и составной ее части — проектирования — начинается со сбора исходных данных. В данном случае, когда проект планировки предусматривает реконструкцию исторической среды, в администрацию района был запрошен перечень объектов культурного наследия, которые в дальнейшем составили некую основу — каркас. Памятники архитектуры могут подлежать только архитектурной реставрации. Часто ситуация требует включения в новый ансамбль значительного количества исторических объектов.

По итогам исследования была составлена комплексная схема с нанесением зоны возможного выявления памятников археологии, зоны археологических наблюдений и других зон охраны. Кроме того, в качестве исходных данных учитывались правила землепользования и застройки и генеральный план города.

Следующим этапом проектирования является анализ исходных данных. В ходе анализа были выявлены территории для постановки на охрану и территории, подлежащие реставрации и реконструкции. Выявлены особенности охраняемых зон. Например, в зоне возможного выявления памятников археологии было запроектировано новое строительство для обеспечения археологической изученности.

Далее следовала разработка двух концептуальных идей для реконструкции (рис. 1):

«радикальной», включающей в себя больший процент территорий, подлежащих реконструкции, формирование доминант и нового, современного прочтения набережной зоны;

«умеренной», включающей в себя больший процент территорий, подлежащих реставрации, и формирование набережной, поддерживающей характер и колорит исторической среды.

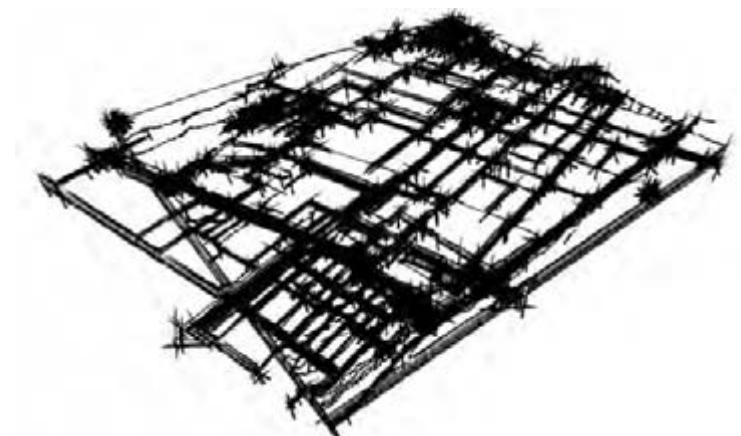


Рис. 1

После разработки концепций следует более детальная проработка идей, а именно реконструкция на градостроительном уровне: районы, микрорайоны, кварталы (в зависимости от объема и масштаба работы). Важными приемами реконструкции сложившейся сети кварталов в нашем случае явились укрупнение кварталов за счет закрытия транзитных проездов и четкая дифференциация существующей уличной сети на пешеходные пути и местные проезды. Задача реконструкции квартальной застройки центральных районов состояла в максимальном сохранении существующей застройки без радикального разрушения (застройки). Это обусловлено тем, что центральные исторические районы в г. Ростове-на-Дону характеризуются небольшим размером участков для нового жилищного строительства (0,2...2 га).

В процессе реконструкции этих районов было обеспечено интенсивное использование территории, сохранение охранных и заповедных зон и упорядочение структурно-планировочной организации внешней жилой среды в пределах макро- и мезоуровня.

Макроуровень представлен двумя основными моделями: жилая единица и квартал. Функциональные элементы застройки, которые не вмещаются в пределах квартала, выносятся на соседние участки городской территории. В результате кооперации жилых единиц с участками городской территории формируется единый гражданско-жилой комплекс. Обеспечение изоляции двора от транспортной и пешеходной зоны является главным условием формирования качественной жилой среды.

Мезоуровень состоит из социально-пространственных комплексов (транспортной инфраструктуры и обслуживания) (рис. 2).



Рис. 2

Реконструкция транспортной инфраструктуры в исторических центрах городов была обусловлена следующими причинами:

- 1) несоответствием параметров уличной сети (ширины, плотности) возрастающим объемам транспортного и пешеходного движения;
- 2) большим количеством сечений улиц и дорог между собой и с пешеходными путями в одном районе;
- 3) не дифференцированной по показателям скорости и видам движения структурой улиц и дорог;
- 4) отсутствием автостоянок для временного и продолжительного хранения автомашин.

Главным критерием градостроительной эффективности реконструкции транспортной сети явилась степень интенсивности использования территории вдоль транспортных магистралей. Было выделено три направления формирования гражданско-транспортных узлов:

- 1) развитие многоуровневых транспортно-пешеходных сооружений на базе существующих центров;
- 2) развитие общественных центров на базе существующих больших транспортных узлов;
- 3) одновременное формирование новых гражданско-транспортных центров.

Таким образом, реконструкция транспортной инфраструктуры района на всех уровнях осуществлялась в тесном объединении с его функционально-планировочной организацией. При этом получили развитие транспортные и композиционные оси, связанные с основными направлениями развития города по принципу: чем больше функциональных процессов — тем важнее композиционная роль.

Реконструкция системы культурно-бытового обслуживания (КБО) предопределилась такими социальными предпосылками, как увеличение фонда свободного времени, изменения в образе жизни населения и повышение его культурного уровня.

Система КБО в нашем случае характеризуется плотностью объектов на селитебной территории, уровнем развития сети и функциональным назначением каждого вида КБО. Сформированная в 1960-е гг. ступенчатая система имеет три уровня КБО: 1) ежедневное; 2) периодическое; 3) эпизодическое.

Предложенная в 1980-е гг. коммуникативная система имеет два уровня КБО:

- 1) стандартное, приближенное к населению;
- 2) выборочное, приближенное к транспортным магистралям.

Итак, как же найти компромисс между сохранением самобытной исторической среды и современными требованиями функционально наполненного центра города? Как не потеряться, углубившись в функциональное совершенствование среды, и не вдаваться в абстрактное цитирование исторически сложившейся формы?

Здесь понадобится умение и деликатный вкус в процессе усовершенствования градостроительной композиции, которое проводится с учетом принципов неизменности существующей структуры плана и сохранения традиционного центра композиции, типологического сходства существующего и нового плана города и постепенного усложнения и усовершенствования композиции.

© Агеева К.А., 2010

*Поступила в редакцию
в октябре 2010 г.*

УДК 699.841(05)

А.В. Масляев

СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕЙСМОСТОЙКИХ ОТВЕТСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Обсуждается актуальная проблема сейсмозащиты зданий и сооружений, сохранения жизни и здоровья людей в сейсмостойких районах. Обосновано, что квалифицированное определение категории ответственности зданий и сооружений должны выполнять государственная или региональная строительные системы.

Доказывается, что сейсмичность строительных площадок для ответственных зданий и сооружений должна определяться только по работам сейсмического микрорайонирования. Показана схема основных стадий проектирования сейсмостойких ответственных зданий с учетом сохранения жизни и здоровья людей в случае проявления землетрясения в виде повторных сильных толчков.

К л ю ч е в ы е с л о в а: землетрясение; сейсмозащита зданий; защита жизни и здоровья людей при землетрясениях.

The topical issue is earthquake protection of structures, life and health conservancy of people in earthquake areas. Design standards SNiP II-7—81* subdivide structures on their liability for safety of lives during the earthquake in three categories. The qualified grading of liability of structures determines the safety of life and health of people in the earthquake. However, the provisions of the regulatory document this important work entrusted to make a single organization (the customer to submit general designer), which tomorrow may not be. Since this work should serve the state or regional building systems.

The seismic building grounds for structures should be determined only professionally of microseismic zoning. The scheme of the main blueprint stages earthquake-resistant buildings shows including the life and health conservancy of people in cases of earthquake effect as repeated hard pushes.

К e y w o r d s: earthquake, earthquake protection of buildings, protection of life and health of people in earthquakes.

В первой и важнейшей стадии проектирования зданий и сооружений для сейсмоопасных районов происходит определение категории их ответственности за сохранность жизни людей при землетрясении. Так как это одна из самых ответственных (определяющих) стадий проектирования, в нормативном документе СНиП II-7—81* [1] должна быть обозначена позиция министерства по этому вопросу в виде четких и строго определенных технических критериев для решения этой государственной задачи. Однако пункт 1.3.* нормативного документа СНиП II-7—81* эту задачу предписывает выполнять отдельным временным организациям (заказчику по представлению генпроектировщика), которых с большой вероятностью завтра может и не быть. По Конституции РФ решение задачи по сохранению жизни и здоровья людей в любой области их деятельности является обязанностью нашего государства. Именно поэтому Президент РФ неоднократно повторял, что региональная власть в полной мере должна отвечать за все негативные события на своей территории. И эту свою конституционную обязанность государство просто не имеет право перепоручать ни одной временной, даже очень авторитетной организации. В данном случае получается, что процесс определения

ответственности зданий и сооружений на территории, например, крупного города России выполняется без участия лучших специалистов региона и при полной безответственности его администрации. Так как повышение категории ответственности зданий и сооружений требует увеличения их сметной стоимости примерно на 10 %, любой заказчик в добровольном порядке этого делать не будет. Это сложившаяся парадоксальная ситуация на территории России автором уже отмечалась ранее [2]. Получается, что, утверждая нормативный документ СНиП II-7—81* в 1999 г., Госстрой РФ сознательно, в ущерб сохранению зданий и жизни людей при землетрясении, предусмотрел слишком упрощенный порядок определения категории ответственности объектов. По мнению автора, это сделано с целью экономии денежных средств у заказчиков. Для ликвидации этого, по мнению автора, коррупционного положения нормативного документа, автором в [3] предложены для рассмотрения технические критерии по определению категории ответственности зданий и сооружений.

Следующей важнейшей стадией проектирования зданий в нормативном документе (в которой также нет однозначного решения) установлено определение сейсмичности строительной площадки. Специалистам хорошо известно, что сейсмичность строительной площадки должна содержать три основных индивидуальных параметра: амплитудный уровень (балл), частотный состав, длительность колебательного процесса грунтов. Однако автор выяснил, что многие проектировщики Волгограда на этой стадии вместо трех определяют только одну характеристику — балл сейсмичности, что грубо противоречит основам теории инженерной сейсмологии. Такой слишком упрощенной (ошибочной) работе проектировщиков активно способствует ряд положений нормативного документа. Так, в п. 1.4* [1] содержится такая «неопределенная» запись: «в районах, для которых отсутствуют карты сейсмического микрорайонирования, допускается определять сейсмичность площадки строительства согласно табл. 1*». Но в этой формулировке отсутствует самое главное: нет указания, для каких категорий зданий действие этого положения допустимо. Поэтому данная формулировка как бы «разрушает» основное содержание п. 1.3* документа о различном подходе к определению сейсмичности строительных площадок для объектов разной категории ответственности. Вышеуказанная формулировка была бы понятна многим специалистам, если бы запись содержала примерно следующую рекомендацию: «допускается определять сейсмичность площадки строительства только для зданий массового строительства с числом людей до 50 чел. согласно табл. 1*». О недопустимости использования данных табл. 1* для определения сейсмичности строительных площадок для ответственных зданий говорится в другом нормативном документе [3]. Так как в нормативной формулировке отсутствуют ограничения в использовании табл. 1* для ответственных зданий, проектировщики Волгограда, например, только ее и используют, причем даже для определения сейсмичности строительных площадок для жилых зданий высотой более 16 этажей (здания с особой ответственностью). Поэтому данная «неопределенная» формулировка в нормативном документе, по мнению автора, также предназначена для экономии денег у заказчиков. Известно, работу по сейсмическому микрорайонированию могут выполнять только инженеры-сейсмологи, и эта работа требует немалых дополнительных денежных

средств. К тому же для выполнения этой работы еще необходимо в каждом сейсмоопасном регионе разместить достаточное количество сеймостанций. Другими словами, для профессионального выполнения работы по сейсмозащите зданий и жизни людей в сейсмоопасных районах России требуется предусмотреть еще значительные денежные средства на проведение работ по сейсмическому микрорайонированию территорий многих городов в России. Но такой порядок по сейсмозащите зданий принят во всех развитых странах. Например, в маленькой по размерам территории Японии размещены тысячи сейсмодатчиков. А в нашей стране положения нормативного документа СНиП II-7-81* позволяют на сейсмологов смотреть как на «лишних» специалистов. Поэтому в большей части сейсмоопасных территорий России вообще отсутствует сеймоаппаратура. Получается, что на этих территориях объективно невозможно определить основные индивидуальные характеристики сейсмического воздействия при землетрясении даже для объектов с особой ответственностью. Как известно, именно от этой работы сейсмологов во многом и зависит качество расчетов конструкций зданий.

Использование в настоящее время проектировщиками в расчетах зданий синтезированных акселерограмм часто не соответствует требованиям региональных грунтовых условий. Реальные акселерограммы в отличие от синтезированных могут иметь меняющиеся во времени характеристики, которые как раз и могут быть наиболее опасными для зданий (например, в окончании акселерограммы может значительно возрасти роль низкочастотных воздействий). Но без определения основных индивидуальных параметров сейсмического воздействия при землетрясении по результатам сейсмического микрорайонирования автоматически выпадает такая важнейшая (определяющая) стадия в проектировании сейсмостойких зданий, как оптимизация их объемно-планировочных и конструктивных решений. Основной физический смысл этой работы проектировщика заключается в том, чтобы подобрать такое конструктивное решение здания, чтобы его динамические параметры резко отличались от динамических параметров сейсмического воздействия. Всем известно, что при совпадении значений периода собственного колебания здания с периодом сейсмического воздействия проявляются резонансные явления в их конструкциях, что способствует резкому возрастанию нагрузок на конструкции, и они могут разрушиться. Именно поэтому специалисты знают, что без профессионального определения параметров сейсмического воздействия по результатам работы сейсмического микрорайонирования дальнейшее проектирование зданий теряет свой основной смысл и проектировщики его делают как бы «вслепую». Так, в зависимости от конструктивного решения здания, его размеров в плане и по высоте проектировщики определяют период его собственного колебания, но в дальнейшем его значение не корректируют, так как не знают значения периода вероятного сейсмического воздействия. Дальнейшему ходу проектирования здания специалистами «вслепую» «помогают» соответствующие положения нормативного документа СНиП II-7—81*. Так, например, как говорилось выше, амплитудный уровень сейсмического воздействия (в баллах) для строительной площадки проектировщик определяет по перечню населенных пунктов России и по геологическим данным табл. 1*, которая, как правило, дает только заниженные значения. Два других усредненных параметра сейсмического воздействия (частотный состав и длительность) проектировщику пре-

доставляет нормативный документ СНиП II-7—81* из графиков на рис. 2. Но по исследованиям группы ведущих сейсмологов России [4] значения коэффициента динамичности β в зависимости от периодов воздействий при нормативной длительности сейсмических воздействий (примерно 5 с) в этом нормативном документе предусмотрены заниженными (например, длительность сейсмического воздействия при газлийском землетрясении 1984 г. была примерно 90 с, а при спитакском 1988 г. на территории г. Ленинанкан — примерно 80 с). Поэтому выполненный расчет конструкций зданий при использовании заниженных нормативных параметров сейсмического воздействия не может гарантировать сохранность конструкций и жизнь людей при землетрясении, особенно с повторными сильными толчками.

Так, по исследованиям повреждений в зданиях разного типа высотой до 5...9 этажей при газлийском 1984 г., кайраккумском 1985 г. и спитакском 1988 г. землетрясениях автором сделан вывод, что большая их часть при воздействии только основного толчка свою основную функцию выполнила лишь удовлетворительно. Но при воздействии первого повторного сильного толчка через 4 мин 20 с при спитакском 1988 г. землетрясении более 50 каркасных зданий на территории г. Ленинанкана разрушились, что привело к гибели нескольких тысяч человек. При этом специалистам известно, что в течение примерно 30 последних лет большая часть сильных землетрясений на земном шаре происходит в виде многих повторных сильных толчков во время, когда люди еще не успели выйти из зданий. Поэтому автором предложено [2] для защиты жизни людей показатель времени воздействия первых повторных сильных толчков использовать в качестве одного из критериев для определения категории ответственности зданий. Значительным недостатком нормативного документа, по мнению автора, является отсутствие в нем положений по сохранению здоровья людей при землетрясении. Такое положение нормативного документа противоречит требованиям ст. 6 Закона РФ «О техническом регулировании», в которой говорится: «Технические регламенты принимаются в целях: защиты жизни и здоровья граждан». При этом ученые на сегодняшний день располагают достаточным объемом исследований, подтверждающих тот факт, что люди в сейсмостойких зданиях при землетрясении получают тяжелую психическую травму (стресс), которая пробуждает «старые» или способствует возникновению «новых» болезней. Конечно, основная величина психической травмы у людей зависит, прежде всего, от интенсивности землетрясения. Однако, по предварительным исследованиям ученых, величина психической травмы у людей при землетрясении зависит также и от объемно-планировочных и конструктивных решений зданий. Группа специалистов при участии автора проанализировала поведение примерно 3,5 тыс. человек в разных типах зданий при газлийском 1984 г., кайраккумском 1985 г. и кишиневском 1990 г. землетрясениях и сделали выводы, опубликованные в статье автора [5]. Только за счет выполнения проектировщиками определенных правил при выборе объемно-планировочных и конструктивных решений зданий можно сохранить здоровье примерно у 20...30 % населения.

Известно, что многие сейсмостойкие здания возводятся главным образом для людей. Отсюда следует простой вывод, что сегодняшний нормативный

процесс проектирования сейсмостойких зданий на территории России без учета сохранения здоровья людей при землетрясении следует считать незаконченным. Более того, по мнению автора, конечным результатом работы у проектировщиков должен быть расчет потерь здоровья у людей при землетрясении по каждому зданию в сейсмоопасных районах. И здесь нельзя забывать о главнейшем правиле работы медиков: как можно быстрее оказать помощь пострадавшим. Эти расчетные данные проектировщик должен передавать медицинской службе соответствующего населенного пункта. Зная ожидаемые усредненные количественные показатели потерь здоровья у людей в зданиях в случае землетрясения, медицинская служба сможет заранее подготовиться к этому событию и предоставить пострадавшим более качественную помощь. Для иллюстрации последовательности проектирования сейсмостойких зданий для сохранения жизни и здоровья людей при землетрясении с учетом воздействий основного и первых повторных сильных толчков на рис. 1 приведена ее общая схема.



Рис. 1. Общая схема проектирования сейсмостойких ответственных зданий

Выводы. 1. В нормативном документе СНиП II-7-81* отсутствуют положения, в которых прописана ответственность (например, в виде технических критериев) государственной или региональной строительных систем за сохранность жизни и здоровье людей в зданиях при землетрясении. Из-за вре-

менного характера своей деятельности организации не могут в полной мере выполнять эту ответственную функцию. 2. Нормативный документ СНиП II-7-81* не отвечает требованиям ФЗ РФ «О техническом регулировании» относительно защиты и здоровья людей в зданиях при землетрясении. 3. Для использования в расчетах зданий реальных записей землетрясений на территории России в сейсмоопасных районах должна быть создана развитая сеть сейсмостанций. 4. В крупных городах сейсмоопасных районов России необходимо создать соответствующую службу по оказанию населению своевременной медицинской помощи в случае землетрясения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Масляев А.В.* Ответственность исполнительной власти в нормах проектирования сейсмостойких зданий и сооружений // Жилищное строительство. 2009. № 4. С. 35—37.
2. *Масляев А.В.* Основные критерии сейсмозащиты зданий и сооружений при землетрясении // Жилищное строительство. 2008. № 12. С. 24—26.
3. Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций. НП-031-01. М. : Госатомнадзор России, 2001.
4. Отзыв о проекте СНиП «Строительство в сейсмических районах» / А.С. Алешин, Н.К. Капустян, Ф.Ф. Аптикаев, О.О. Эртелева // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2008. № 2. С. 26—27.
5. *Масляев А.В.* Расчет зданий и сооружений для сохранения жизни и здоровья людей при землетрясении // Жилищное строительство. 2009. № 8. С. 33—35.
1. *Maslyayev A.V.* *Otvetsvennost' ispolnitel'noy vlasti v normakh proektirovaniya seismostoikikh zdaniy i sooruzheniy* // *Zhilishchnoye stroitel'stvo*. 2009. № 4. S. 35—37.
2. *Maslyayev A.V.* *Osnovnyye kriterii seismozashity zdaniy i sooruzheniy pri zemletryaseni* // *Zhilishchnoye stroitel'stvo*. 2008. № 12. S. 24—26.
3. *Normy proektirovaniya seismostoykikh atomnykh stantsiy*. NP-031-01. M. : Gosatomnadzor Rossii, 2001.
4. *Otzyv o proekte SNiP "Stroitel'stvo v seismicheskikh rayonakh"* / A.S. Aleshin, N.K. Kapustyan, F.F. Aptikaev, O.O. Erteleva // *Seismostoykoye stroitel'stvo. Bezopasnost sooruzheniy*. 2008. № 2. S. 26—27.
5. *Maslyayev A.V.* *Raschet zdaniy i sooruzheniy dlya sokhraneniya zhizni i zdorovya ludey pri zemletryaseni* // *Zhilishchnoye stroitel'stvo*. 2009. № 8. S. 33—35.

© *Масляев А.В.*, 2010

*Поступила в редакцию
в сентябре 2010 г.*

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ТЕОРИЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДА.
УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ**

УДК 711-1(470)

А.В. Антюфеев

ЦЕЛЕВЫЕ ИНДИКАТОРЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПОЛИТИКИ

Ключевым фактором в обновлении городов выступает выбор управленческих решений, которые приводят к быстрому подъему в социально-экономическом развитии урбанизированных территорий, в том числе эффективная территориально-градостроительная политика. К числу самых острых проблем, которые предопределены реальным положением дел в функционировании и развитии городов, относится упорядочение правовых отношений в использовании городских земель и оборота недвижимости. На многочисленных примерах проанализированы проблемы практической градостроительной деятельности в городах России, в которой задействованы три главных действующих лица: город, власть и общество. Предложены рекомендации по совершенствованию территориально-градостроительной политики на примере разработки документации территориального планирования.

К л ю ч е в ы е с л о в а: город, градостроительная политика, территория, устойчивое развитие.

The key factor in the town renovation advocates choice of managerial decisions that lead to boom in the socio-economic development of urban lands, including the effective territorial urban policies. Among the bottleneck, which are predetermined by the physical situation in the operation and urban development, regulation of legal relations in the inventory of urban lands and turnover of immovable property relates. On numerous examples of practical problems of urban planning in towns of Russia, which involves three central figures: the city government and society are analyzed. Recommendations for Improvement of urban policy in terms of the developing documentation of the land use planning offered.

К e y w o r d s: city, urban policy, town-planning policy, territory, sustained development.

Двадцать первый век обозначил новые требования к системе управления развитием территорий в городах России. Вслед за чередой социально-экономических потрясений 1990-х гг., когда главной целью было выживание (как общества, так и городов), наступил период переосмысления векторов городского развития. На повестке дня стоят следующие вопросы:

- первоочередное развитие инфраструктуры городов;
- широкое внедрение в городское строительство и хозяйство ресурсо- и энергосберегающих технологий;
- создание условий для устойчивого развития городов с сохранением их природных каркасов;
- благоустройство городских территорий.

Достижение этих целей предполагается через эффективное управление развитием городских территорий. Ключевым фактором в обновлении городов выступает выбор управленческих решений, которые позволяют обеспечить решение обозначенных задач. Иными словами, необходима реализация продуманной территориально-градостроительной политики.

В разработке этой политики принимают участие три основных агента. В их числе: общество, власть и, собственно, город как градостроительный организм, на который и воздействуют две первые силы.

В России общество совсем недавно стало полноправным участником градостроительной деятельности. Если взглянуть на историю развития вопроса общественного участия в архитектурно-градостроительной деятельности в нашей стране, то долгое время решения принимались исключительно «сверху» в связи с тем, что, главным образом государство являлось основным заказчиком проектных работ и определяло судьбы городов и их населения.

Современное российское общество по отношению к городу часто выступает в двух лицах, которые условно можно назвать «гражданское сообщество» и «бизнес-сообщество». Интересы этих групп диаметрально различны. У бизнеса целью является получение прибыли, как правило, путем интенсивного использования ресурсов территории и минимизации затрат. В физическом воплощении это реализуется в максимально плотной застройке территории жилыми домами повышенной этажности, офисными или торговыми зданиями на существующей инфраструктуре.

Гражданское сообщество, в свою очередь, претендует на формирование комфортной и безопасной среды жизнедеятельности. Главными целями городского сообщества в развитии территории становятся:

- озеленение и благоустройство общественных пространств;
- развитие общественного транспорта;
- строительство новых детских садов и школ;
- обустройство детских и спортивных площадок;
- создание условий для жизни граждан с ограниченными физическими возможностями.

Необходимо добавить, что часто один и тот же человек может представлять интересы обеих групп. Как гражданин он выступает, например, за сохранение зеленого сквера, в котором он может погулять, а как бизнесмен стремится к застройке этого участка в целях получения материальной выгоды.

Частные инвесторы ищут возможности реализации планов, связанных с масштабным городским строительством. Граждане, как правило, заинтересованы в проектах, касающихся обустройства их конкретного двора, квартала, микрорайона.

Власть в лице законодательной и исполнительной ветвей своей целью имеет эффективное социально-экономическое развитие территории и недопущение социальных конфликтов. Власть пытается взаимоувязать интересы всех групп общества, однако чаще всего развитие территорий связывает с поисками частных инвесторов для реализации своих благих намерений.

В этой связи к настоящему времени наметились очевидные опасности партнерства бизнес-групп и властных структур для общественного сектора. Во-первых, появляется риск преобладания краткосрочных экономических интересов, иными словами, получение быстрой прибыли, над качеством ар-

хитектурно-строительного решения и долгосрочными выгодами для муниципалитета и населения. Во многом теперешнее критическое состояние городов является результатом следования такой политике, направленной на быстрое достижение краткосрочных результатов. Благодаря тому, что долгосрочные отдаленные последствия подобной политики часто прямо противоположны краткосрочным улучшениям, эти быстрые блага, в конце концов, оборачиваются трудностями. Во-вторых, вследствие частного финансирования какого-либо проекта требования к нему диктуются исходя из интересов исключительно конкретного инвестора, а общественные запросы попросту игнорируются. Например, «забываются» обещания инвестора построить детскую площадку в квартале, в котором строится новый дом, или благоустроить парк, находящийся рядом со стройплощадкой. Кроме того, практика показывает, что для отстаивания общественных интересов представители муниципальных органов должны действовать монолитно, единым фронтом, проводя общую политику. Частный инвестор, как правило, выступает активно и напористо уже с подготовленным решением, обсуждение различных мнений проходит внутрикорпоративно. Межведомственные разногласия между муниципальными чиновниками или проектировщиками только на руку частным застройщикам, которые могут извлечь из этой несогласованности определенную выгоду для себя.

До сих пор в России идет поиск различных форм сотрудничества участников инвестиционно-градостроительных проектов: с одной стороны, инвесторов и застройщиков, с другой стороны, проектировщиков и подрядчиков-строителей, с третьей — государства, региональных и муниципальных властей, с четвертой — общественности. Очевидна необходимость регулирования общественных отношений в сфере проектирования и строительства и решения задачи снижения административных барьеров в строительстве, повышения ответственности участников рынка, а также усиления роли общественного участия в принятии градостроительных решений.

Главным для муниципальных властей в использовании различных форм взаимодействий с частными инвесторами и застройщиками должно быть определение четких правил, правовое обеспечение общественных интересов на всех стадиях разработки совместной программы как основы для делового взаимовыгодного партнерства. Частный бизнес по определению всегда стремится поставить свои интересы выше общественных. Эта проблема существует во всех случаях реализации инвестиционно-градостроительных проектов. В этой связи резко возрастает роль градостроительного законодательства, определяющего правила участия в градостроительном развитии муниципальных образований частных партнеров.

Кроме названных выше действующих лиц: общества и власти — имеется еще один, так скажем, неодушевленный субъект градостроительной деятельности — город. Город как сложная самоорганизующаяся система (градостроительный организм) имеет собственные закономерности развития. Например, необходимо принимать во внимание замедленный инерционный характер изменений города. Незнание или недоучет этих закономерностей на практике приводит к тому, что многие благие намерения властей, выраженные в форме программ социального развития, дают непредсказуемые негативные результаты, производят обратный эффект.

В настоящее время в России вопросы городского развития решаются в документах территориального планирования и градостроительного зонирования. Проектировщики, выигравшие тендер, получают от муниципального заказчика техническое задание на выполнение градостроительной документации, в котором сформулированы основные требования к развитию территорий. При разработке этой документации проектировщики рассматривают различные варианты развития городской территории и выбирают наиболее рациональный вариант с учетом ресурсов территории и намеченных заказчиком целей социально-экономического развития.

Проект разработан, публичные слушания проведены, интересы сторон соблюдены, документ утверждается. Наступает этап его реализации в соответствии с планом реализации. Однако в существующей системе градостроительной деятельности в нашей стране именно на этой стадии возникает правовая и законодательная неопределенность. Реализация проектных решений осуществляется властью. Но кто будет отслеживать, каким образом город как градостроительный организм реагирует на эти воздействия?

Представляется, что параллельно с этапом реализации проектов должен осуществляться постоянный градостроительный мониторинг, иными словами, сверка выбранного пути и реального положения дел. Целью ведения мониторинга является выявление, оценка и прогнозирование тенденций градостроительного развития города с учетом социально-экономических факторов, обоснование необходимых градостроительных мероприятий, планируемых при разработке и актуализации градостроительной документации, а также выявление необходимости обновления правовой, нормативной, научно-методической и информационно-технологической базы градостроительства в городе.

Мониторинг должен осуществляться не в границах муниципального образования, а на уровне субъекта Федерации. Только на этом уровне можно отследить всевозможные внешние факторы, воздействующие на развитие города. Именно этот уровень позволяет соблюсти интересы государства, региона и муниципалитетов. В числе главных задач мониторинга стоит разработка специальной системы статистической отчетности, отражающей реальное функционирование города. Эти показатели, в свою очередь, должны сверяться с индикаторами городского развития.

Проблема информационной обеспеченности российских городов требует максимально быстрого и профессионального решения. Особенно остро эта потребность проявляется в самих муниципальных образованиях, где, ввиду отсутствия универсальной, профессионально разработанной, применимой на практике методики существуют серьезные сложности в оценке текущей социально-экономической ситуации, в прогнозировании и управлении процессами развития города.

В свою очередь, разработанные индикаторы должны быть отражены в проектных решениях, что позволяет проследить динамику развития городских территорий по срезам — этапам. Через определенные промежутки времени возможно выявить улучшение состояния инфраструктуры, экологии, снижение преступности в городе и т.д., или же, напротив, очевиден крен в какую-либо сторону, а возможно и отставание в развитии и деформация градостроительного организма. Результаты сверки индикаторов с показателями

проектных решений и реальными данными могут быть основанием для принятия решений о корректировке документов территориального планирования и градостроительного зонирования.

В качестве примера разработки инструментария реализации территориально-градостроительной политики муниципального образования можно привести процесс подготовки нового генерального плана города Волгограда, утвержденного в 2007 г. В рамках этого процесса была разработана методика с целью количественной и качественной характеристики и оценки перспективного территориального планирования города. Было предложено использовать в основе этой методики индикаторы устойчивого развития территории. При разработке индикаторов градостроительного развития Волгограда были изучены индикаторы, используемые для других регионов РФ, стран СНГ, а также США, Великобритании и ряда других европейских стран. Однако при всей подготовленности предложений по мониторингу развития Волгограда комплексный и оперативный контроль над реализацией проектных предложений генплана в городе не ведется. Органы муниципальной власти, уполномоченные осуществлять градостроительную деятельность, оказались не в состоянии отслеживать весь спектр происходящих изменений городского развития. Проведенный анализ реализации положений документов территориального планирования и градостроительного зонирования в городах России показал, что практически во всех муниципальных образованиях страны градостроительный мониторинг, выявляющий проблемы взаимодействия трех составляющих территориально-градостроительной политики: власти, общества и города, — не ведется, индикаторы устойчивого развития территории не разработаны. А если и разработаны, то не сведены в единую государственную систему градостроительного мониторинга, позволяющую осуществить обратную связь управленческих решений, принимаемых на уровне государства. Это серьезная большая работа, которая по силам только академическому сообществу.

В заключение попытаемся ответить на вопрос об институте такого градостроительного мониторинга на территории России. Одним из условий его работы должна быть независимость от влияния как властных структур, так и бизнес-сообщества. Представляется, что это должна быть организация государственного подчинения. В качестве такого института можно предложить академические центры региональных отделений Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН) во всех федеральных округах страны. Академия по своему имеющемуся научному потенциалу может организовать и обеспечивать процесс непрерывного функционирования информационной системы обеспечения градостроительной деятельности в регионах, мониторинга, независимой оценки и разработки предложений по управлению процессами территориально-градостроительного развития муниципальных образований РФ.

© Антюфеев А.В., 2010

*Поступила в редакцию
в октябре 2010 г.*

УДК 711.4

Н.Г. Юшкова

ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА: ИДЕОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ

Исследованы закономерности формирования современной системы пространственного планирования развития региона, особенности социально-экономического планирования и его взаимосвязь с градостроительной деятельностью. Обоснованы перспективы ее совершенствования посредством использования эффективных механизмов государственно управления.

К л ю ч е в ы е с л о в а: пространственное развитие региона, вектор социально-экономического развития территории, государственно-частное партнерство, градостроительная деятельность.

The regularities of formation of the modern system of spatial planning of regional development, especially socio and social planning and its relationship with urban planning are investigated. Prospects of its improvement through the utilization of public administration mechanisms are founded.

K e y w o r d s: town-planning, spatial development of the region, vector of socio-economic development of the territory, private-public partnership, urban planning.

В результате радикальных социально-экономических реформ в России 1990-х гг. и полного разрушения директивной системы планирования разработка долгосрочных прогнозов и перспективных планов развития территорий прекратилась. Внутренняя политика получила новые ориентиры, стали формироваться рыночно-ориентированные принципы государственного управления. Однако в новой системе мер планирование как комплексная структурированная деятельность не получила развития, несмотря на очевидную практическую востребованность. Попытка восстановления существовавших ранее системных принципов деятельности в сфере государственного управления была предпринята в середине 1990-х гг. с принятием Федерального закона «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Российской Федерации» [1]. Он очертил сферу прогнозно-программной деятельности, выделив ее федеральный и региональный уровни, определил назначение, дифференциацию, структурную организацию стратегических документов.

В результате принятия этого закона в современной практике государственного управления, но особенно в теории становится крайне актуальной проблема раскрытия содержания термина «планирование социально-экономического (стратегического) развития территории». Отсутствие законодательной и нормативно-правовой базы позволяет ученым и специалистам вольно трактовать это явление, а осуществляемые разработки основываются, прежде всего, на зарубежном опыте стратегического планирования развития муниципальных образований.

Стратегия социально-экономического развития представляется качественно новым документом, позволяющим согласовывать и координировать деятельность органов государственного управления, общественных и политических организаций, бизнеса для задания единого вектора развития территории, формирующегося с учетом комплекса особенностей ее организации

(потенциала развития). Оценка конкурентных преимуществ региона обеспечивает реальные возможности стратегического развития территории и позволяет привлекать инвестиционные ресурсы, концентрировать их на приоритетных направлениях, создавать благоприятный деловой климат. Региональная стратегия не рассматривается как документ, созданный однажды и навсегда. Напротив, она предполагает гибкость, вариабельность и подвижность, возможность корректировки с учетом мониторинга промежуточных результатов и оценки общих тенденций федерального и регионального развития, изменений на внутреннем и внешнем рынках.

Несмотря на прогрессивность новых подходов к постановке и решению проблем развития территории посредством разработки стратегий, в этой процедуре сохранялись инерционные признаки. Для глав исполнительной власти регионов стратегии служили формальным поводом демонстрации федеральному центру стремления к использованию современных методов управления, в том числе и долгосрочного планирования. Наличие стратегий позволяло регионам претендовать на участие в конкурсах на федеральное финансирование не только отдельных мероприятий и объектов, но и целевых программ и адресных инвестиционных проектов, а также на получение субсидиарной поддержки, в том числе и развития приоритетных территорий.

Впоследствии на протяжении более 10 лет стратегические разработки на региональном уровне осуществлялись в отсутствие законодательных и методических основ и под влиянием взаимоисключающих тенденций. Федеральный закон оставался единственным законодательным актом в области государственной прогнозно-программной деятельности, и за годы его существования не появились подзаконные акты, раскрывающие или конкретизирующие его основные положения. Разработки «стратегических» документов осуществлялись начиная с 1997 г., с появлением стратегического плана Санкт-Петербурга, на уровне муниципальных образований и напрямую переносились на уровень региона, что не позволяло организовать эту работу системно.

В то же время регион как объект планирования в отличие от муниципального образования обладает уникальной спецификой, что обуславливает принципиально другие методологические основы разработки документов.

Следствием необходимости решать реальные проблемы регионов, формировать методологические основы планирования на уровне субъектов РФ, а также государственной значимости этих проблем стало поручение Президента Российской Федерации министерству регионального развития РФ, касающееся разработки и утверждения требований к стратегическим документам развития территории регионального уровня [2]. В требованиях впервые в нашей стране было дано понятие стратегии социально-экономического развития субъекта РФ как системы мер государственного управления, опирающихся на долгосрочные приоритеты, видоизменяющих цели и задачи политики органов государственной власти, а также определены цели разработки и содержание документа на основе единого стандарта.

Исполняя данные требования, руководители регионов столкнулись с различными проблемами. Наличие типовой, стандартной основы не ограничивало свободы разработчиков, интерпретирующих требования, в связи с отсутствием у них специального законодательного статуса. Введение требований в практику государственного управления поставило под сомнение соответствие

представленной в них системе разработанных и даже утвержденных региональных стратегий: в ряде регионов уже имелись стратегии, и их доработка не предполагалась. Практика применения требований в условиях конкретных регионов, таким образом, выявила их несовершенство, а анализ накопленного субъектами РФ опыта обнаружил противоречия в планировании пространственного развития.

Поиск разрешения противоречий осуществлялся в разных направлениях. В частности, рассматривались возможности усовершенствования структуры стратегии и оптимизации ее разработки. В первую очередь это касалось оценки применяемых методик разработки стратегий. В результате анализа современной теории и практики планирования социально-экономического развития территорий выявлены его основные методы: этапный, блочный и фазовый.

Этапный метод предполагает возможность моделирования процесса планирования развития региона посредством последовательного осуществления разработок, различающихся характеристикой задач и способами их решения. Логика действий основана на принципе анализ — синтез: первоначально происходит получение, исследование, систематизация информации, затем с учетом специфики территории определяются приоритетные цели развития региона, диктующие, в свою очередь, собственно стратегию (разрабатываемую в альтернативных вариантах). Данный метод требует обязательности последовательного выполнения операций, при этом каждая последующая операция является прямым следствием предыдущей, что позволяет в итоге осуществить разработку прогнозно-аналитического документа стратегического планирования развития региона с заданными временными параметрами.

Фазовый метод ограничивает осуществление большого количества аналитических операций, предваряющих планирование, и рассматривает этот процесс как неразрывную связь двух компонентов (фаз): разработки и реализации. Характерно, что фаза реализации позиционируется как составная часть процесса планирования, а не как мероприятия, следующие за утверждением стратегического документа.

Блочный метод устанавливает взаимосвязь отдельных блоков планирования, не ставя в зависимость последовательность выполнения операций от их характеристик. Наполнение блоков определяется в большей степени направленностью на общую эффективность планирования как системы. Например, возможно выделение блока инициации процесса стратегического планирования как необходимого элемента для определения состояния региональной экономики, ресурсного обеспечения развития и других характеристик, комплекс которых достаточен для разработки и реализации стратегических планов. В блоке диагностики (оценка существующего состояния, ресурсов, потенциала развития) объединены мероприятия, направленные на формулировку «надцелей». Информационно-управляющий блок построен на взаимодействии двух подсистем: условий и управляющих воздействий. Выраженным отличием блочного метода является наличие возможностей моделирования процесса стратегического планирования, не подчиненного жесткой схеме.

Сравнение методологических подходов к процессу планирования развития территории региона позволяет заключить следующее. Во всех трех методах итогом работы становится модель развития региона, которая подвергает-

ся детальному рассмотрению и описанию. Оптимизации процесса планирования в равной степени возможна в различных его конструкциях: каждая из них обусловлена закономерностями взаимодействия элементов и их соподчиненностью. Соответственно, способ выделения компонентов (этапный, блочный, фазовый) не оказывает существенного влияния на результат планирования. Во всех подходах вне зависимости от структурной организации общей схемы планирования доминирует подсистема, обеспечивающая постановку стратегических целей развития региона и обоснование способов их достижения. Цели, в свою очередь, диктуют содержание аналитических операций, с одной стороны, и операций стратегических разработок, с другой.

Операции, объединенные в структурный элемент системы планирования, обеспечивающий собственно разработку стратегии развития региона, включают: определение стратегических приоритетов развития экономики региона, формирование и оценку альтернативных направлений регионального развития, а также выбор наиболее предпочтительного его варианта.

Для формирования и оценки альтернативных вариантов развития региона выделяются временные рамки, мероприятия, обосновываются ресурсы, объемы и источники финансирования, а также ответственные за реализацию намеченных мероприятий.

По сложившейся в нашей стране практике социально-экономического планирования в самом общем виде за основу формирования векторов социально-экономического развития регионов принимаются следующие альтернативы (типы) сценариев. Довольно часто региональные сценарии развития территории определяются исходя из возможных вариантов социально-экономического развития Российской Федерации в долгосрочной перспективе: инерционного и инновационного, полярных по сути, а также компромиссного.

Сценарий первого типа — стабильного (инерционного) развития — предполагает планирование, направленное на решение остро встающих проблем в регионе путем массовой мобилизации финансово-управленческих усилий. При таком сценарии развития региона планирование социально-экономического развития исходит не из приоритетных направлений, а из имеющегося уровня инвестиционного и ресурсного обеспечения, перспектив проведения кардинальной модернизации промышленного производства и уменьшения степени износа основных фондов предприятий и объектов инфраструктуры. В рамках данного сценария на территории региона закрепляются и постепенно развиваются функционирующие сегменты экономики даже тогда, когда они не отличаются высокой конкурентоспособностью ни на внутренних, ни на внешних рынках. Частным случаем сценария этого типа является сценарий сокращения, когда уровень поставленных целей ниже достигнутых в прошлом. Как правило, на его выбор ориентируются регионы при неизбежной стагнации производства в целях смягчения негативных последствий и в качестве последнего средства.

Возможны различные варианты построения сценария компромиссного типа, но наибольшее распространение получили варианты комплексного и направленного развития. Сценарий направленного развития подразумевает выявление в регионе конкурентного потенциала в определенных (приоритетных) сферах экономики, способных компенсировать очевидное отставание других сфер. Выбор подобного сценария регионами обусловлен реалистично-

стью оценки существующих внешних и внутренних условий развития экономики. Комплексный сценарий предусматривает более всестороннее развитие экономического потенциала региона с использованием преимуществ дифференцированной структуры промышленного и сельскохозяйственного производства в регионе. Он строится на интенсификации процессов развития традиционных отраслей с увеличением доли перерабатывающих производств и ограниченным развитием новых видов экономической деятельности. При этом отдается предпочтение инфраструктурного обустройства «площадок» для производственных объектов на периферии (в сельской местности, экономически малоосвоенных территориях), что будет реальным стимулом переноса туда отдельных производств (цехов, линий), открытия филиалов предприятиями, расположенными в крупных городах, перегруженных промышленностью, загрязняющими окружающую природную среду. Целесообразность выбора сценария этого типа (установление стратегических целей от достигнутого уровня) обосновывается наличием выраженной позиции регионов со стабильной экономической ситуацией, не желающих рисковать в выборе вариантов развития, и объясняется как временная и вынужденная мера в условиях экономического кризиса или при невозможности равномерного и поступательного развития.

Формирование сценария инновационного развития (роста) региона является прямым следствием утверждения федеральной стратегии 2020 [3], определившей его в качестве стратегического приоритета государственной политики. Этот тип сценария характеризуется внедрением инновационных источников роста и технологий во все сферы экономической активности хозяйствующих субъектов, но, главным образом в новые, наукоемкие, сектора. Происходит структурное изменение (и диверсификация) существующих форм экономической активности субъектов рынка, повышается эффективность их взаимодействия, создаются новые конкурентные преимущества, позволяющие обеспечить уровень, сопоставимый с развитыми странами. В экономике региона выделяются приоритетные отрасли развития, претендующие на роль ее «локомотивов», в результате функционирования которых имеющиеся производства выходят на качественно новый уровень организации и появляются уникальные товары и услуги. Как результат этого ряд отраслей и инновационных производств имеет возможность получить общероссийское значение, войти в крупные федеральные программы и проекты, имеющие государственную поддержку. В сценарии этого типа отмечается последовательное превышение уровня краткосрочных и долгосрочных целевых параметров над уровнем установленных показателей. Он используется, как правило, в динамично развивающихся регионах, имеющих значительный потенциал. Этот сценарий принципиально отличается от сценария инерционного развития условиями реализации, связанными с концентрацией человеческого и инновационного капиталов, внедрением нанотехнологий во всех сферах экономики, дальнейшим развитием крупных транспортных комплексов, мультимодальных логистических комплексов и информационных узлов, образовательной и инновационной инфраструктуры.

Выбор сценария, согласующегося со стратегией социально-экономического развития региона, обосновывает механизм ее реализации. Современная государственная политика очерчивает рамки инновационного

развития территории и соответствующие ему полномочия органов власти в субъектах федерации. Установив это, можно констатировать, что инновационная ориентированность задач развития регионов требует адекватного им инструментария. Сообразно рекомендациям федеральных органов власти и на основании практики государственного управления последних лет можно констатировать, что государственно-частное партнерство (ГЧП) является одним из неотъемлемых компонентов такого инструментария при реализации инновационных стратегий.

Уже сегодня можно прогнозировать возможные результаты внедрения принципов партнерства в процесс пространственного планирования. Несмотря на то, что планирование развития территории направлено на вовлечение в разработку важнейших управленческих решений, а значит, и в их реализацию, различных социальных групп, оно не является неким «общественно-консультативным» процессом, участники которого лишены определенной ответственности. Формирование положений пространственного планирования с ориентацией на преимущества ГЧП создает дополнительные гарантии их реализации, усиливая полномочия органов государственной власти субъекта РФ. Планирование на основе стратегического государственно-частного партнерства выражается, таким образом, и в необходимости совместного обоснования долговременных целей, и обеспечения согласованных действий по их достижению.

Общественная значимость проблем ГЧП обеспечивает государственный статус их решения, привлечение к этому процессу ведущих профильных министерств нашей страны, создание в ряде отраслей консультативно-экспертных советов при активном участии общественных организаций, профессиональных союзов, советов. В выступлении В.В. Путина на совещании «Государственно-частное партнерство — основа посткризисного развития регионов» в Тульской области (2009 г.) была подчеркнута актуальность активного использования ГЧП в сфере градостроительства в целом и комплексного освоения территорий в частности наравне с традиционными для этой формы сотрудничества сферами развития экономики региона. Было указано на необходимость нового видения этой проблемы, обусловленного изменением общей социально-экономической ситуации и новыми приоритетами политики, признанием градостроительства в качестве стратегической сферы государственного влияния. На совершенствование процесса разработки эффективных схем ГЧП в вопросах пространственного развития регионов прямо указывают и требования к стратегическим документам развития территории регионального уровня, утвержденные приказом министра регионального развития, и Указ Президента РФ 2009 г. «Об основах стратегического планирования в РФ».

Градостроительство предопределяет структуру организации пространства, тем самым обеспечивая себе исключительное место в экономической системе региона. Однако отношение к нему как к элементу системы планирования развития региона, требующему развития форм государственно-частного партнерства, еще не сформировалось. Вместе с тем существуют очевидные предпосылки развития принципов ГЧП в градостроительстве. Об этом свидетельствует не только современная градостроительная практика в крупнейших региональных центрах России, но и, как показывает мировой опыт, достигае-

мый от его внедрения мультипликационный эффект в вопросах развития территории.

Общая направленность государственной политики неизбежно приводит к необходимости формирования нового взгляда на происходящее: среди современных тенденций отчетливо выделяется уравнивание градостроительства и прочих сфер экономической активности субъектов рыночных отношений, его зависимость от формирующихся принципов социально-экономического развития общества, определяющих вектор проведения экономических реформ. Об этом свидетельствует современная практика работы органов государственной власти и управления, выступления Президента Российской Федерации, многие программные документы.

В стандартном понимании ГЧП — это форма взаимодействия экономических агентов: государства и бизнеса. Формирование современной концепции государственно-частного партнерства в градостроительстве кардинально отличается от используемой в настоящее время схемы ГЧП не только наличием специфического объекта деятельности — территории, пространства, но и усовершенствованной структурой, в которой выделяются три компонента: государство, бизнес и общество. Общественная составляющая реализуется посредством формализации конкретных интересов населения, зафиксированных в Градостроительном кодексе РФ.

Построение партнерских отношений между государством и частным сектором характеризуется последовательным изменением мотивации бизнеса от стремления к достижению прибыли к системным управленческим решениям, синтезирующим экономические, социальные и этические аспекты. Превалирование частнособственнических интересов и задач завоевания рынка сменяется установками на удовлетворения запросов потребителей (в том числе и социальных) через встраивание в общественный контекст, непротиворечивостью стратегической направленности государственной социально-экономической политики развития регионов.

В новой системе пространственного планирования и с изменением стратегической направленности государственно-частного партнерства градостроительного типа, с наделением его социальными признаками, с появлением дополнительного элемента в его структуре принципиально изменяются социально-экономические роли его участников, социальная ориентированность целей, что приводит к трансформации принципов отношений внутри этой триады. Стратегия инновационного социально-экономического развития регионов обуславливает новое видение концепции ГЧП в системе градостроительной деятельности. В этой динамике социально-экономического развития закономерно выдвижение условий создания институциональной среды ГЧП, предусматривающих, наряду с ориентацией его участников на формирование таких базовых ценностей, как этика совместной деятельности, равенство гарантий, реализацию положений территориального планирования развития региона в части формирования градостроительной структуры его экономического пространства. Новый вектор развития градостроительной деятельности в форме ГЧП требует признания ее участниками условий согласованности, гармоничности взаимодействия, повышают уровень и статус реализуемых мероприятий: от строительства отдельных объектов к широкомасштабным градостроительным программам и изменяют их содержание.

Государственно-частное партнерство в системе градостроительной деятельности следует рассматривать как механизм взаимодействия власти, бизнеса и населения, обеспечивающий инновационное развитие региона за счет повышения эффективности результатов и оптимизации деятельности посредством объединения усилий, перераспределения ресурсов и рисков ее участников на основе современных технологических принципов. Предлагаемая формулировка ГЧП не отрицает принципа взаимовыгодного сотрудничества сторон, но в нем проявляются новые аспекты. Они подразумевают иную формализацию результата функционирования ГЧП в системе градостроительной деятельности: комфортность проживания, рациональное использование территории, развитие ее инфраструктурных составляющих.

Синхронизация процессов развития экономических и градостроительных систем и, как следствие этого, взаимозависимость пространственных преобразований территории и социально-экономических изменений определяют новые ориентиры государственной политики. Данные тенденции подтверждаются основополагающими положениями Концепции устойчивого пространственного развития, которая за период времени, прошедший с момента ее утверждения, не только не утратила своей актуальности, а напротив, доказала свою состоятельность. Она обусловлена значимостью фактора устойчивости в процессах территориального развития, которая повышается по мере усложнения условий функционирования градостроительных систем, повышения экономической активности градообразующих процессов (взаимодействия объектов и субъектов градостроительной деятельности).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Российской Федерации : Федеральный закон от 20 июля 1995 г. № 115-ФЗ // Российская газета. 1995 г. № 143. 26 июля.
2. Об утверждении требований к стратегии социально-экономического развития субъекта Российской Федерации : приказ Министра регионального развития Российской Федерации № 14 от 24.02.2007 г.
3. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года : утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р.
1. O gosudarstvennom prognozirovanii i programmakh sotsial'no-economicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii : Federal'nyy zakon ot 20 iyulya 1995 g. № 115-ФЗ // Rossiyskaya gazeta. 1995. № 143. 26 iyulya.
2. Ob utverzhdenii trebovaniy k strategii sotsial'no-economicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii : prikaz Ministra regionalnogo razvitiya Rossiiskoy Federazii № 14 ot ot 24.02.2007 g.
3. Kontseptsiya dolgosrochnogo sotsial'no-economicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federazii : utv. rasporyazheniyem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 17 noyabrya 2008 g. № 1662-p.

© Юшкова Н.Г., 2010

Поступила в редакцию
в сентябре 2010 г.

УДК 712.25+711.4(470.44)

А.С. Иржаков

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ И РАЗМЕЩЕНИЯ ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ВОЛГОГРАДА

Освещены вопросы развития остановок городского пассажирского транспорта в условиях сложившейся городской улично-дорожной сети. Выделены основные проблемы и перспективные направления исследования мест остановки общественного транспорта города Волгограда.

К л ю ч е в ы е с л о в а: остановочные пункты, городской пассажирский транспорт, градостроительство, безопасность дорожного движения.

Issues of development of urban passenger transport stops in the context of urban street and road network covered. Fundamental problems and upcoming trends of research halting points to public transport in Volgograd identified.

К e y w o r d s: halting points, urban passenger transport, urban planning, traffic safety.

Важным фактором успешного развития нашего города с точки зрения удобства проживания в нем является повышение транспортной доступности районов Волгограда для его жителей. Сеть городского пассажирского транспорта (ГПТ) должна осуществлять первоочередные мероприятия, обеспечивающие при минимальных затратах перевозку населения к местам приложения труда, массового отдыха и объектам культурно-бытового назначения с достаточной комфортабельностью при затратах транспортного времени, укладывающихся в градостроительные нормы. Также посадка, высадка и ожидание общественного транспорта должны осуществляться с достаточным комфортом. Места остановок ГПТ должны размещаться в пределах нормативных дальностей пешеходных подходов от объектов массового посещения и жилых зон. Они должны быть оборудованы соответствующими устройствами для использования малоподвижными группами населения.

Наряду с этим нельзя забывать, что автобусы, троллейбусы и трамваи оказываются чаще других транспортных средств вовлеченными в ДТП, в которых наносится ущерб другим участникам движения. Автобусы и троллейбусы имеют 4-кратный риск нанесения ущерба другим участникам движения по сравнению с легковыми автомобилями, трамваи — 50-кратный. Автобусы, троллейбусы и трамваи чаще движутся в плотном и сложном потоке городского транспорта, чем легковые автомобили. Этим объясняется повышенная опасность нанести ущерб другим. Кроме того, основные виды ГПТ являются тяжелыми транспортными средствами, не обладающими маневренностью легковых автомобилей и имеющими более длинный тормозной путь. Обязательным элементом линий движения городского общественного транспорта являются остановочные пункты. Несомненно, они представляют собой зоны повышенного риска ДТП, как с материальным ущербом, так и с травматизмом. Остановки ГПТ являются местами большого скопления людей, расположенными в непосредственной близости от кромки проезжей части или непосредственно на ней. В них осуществляется постоянный контакт пешеходов

с тяжелыми транспортными средствами. Также зачастую эти места никак не защищены от ДТП с участием других транспортных средств (помимо ГПТ).

Перспективным направлением в научном исследовании является взгляд на остановки городского общественного транспорта не только с транспортной точки зрения и точки зрения безопасности движения, но и как неградо-строительные единицы, от расположения которых на плане города зависит их функциональная нагрузка, конструкция, архитектурная форма. Все это нужно рассматривать в привязке к характерной линейно вытянутой планировке г. Волгограда. Целесообразно проведение классификации остановочных пунктов по градостроительному признаку, в зависимости от мест их размещения, будь то центральные деловые кварталы районов, периферия городской застройки, остановки вблизи вокзалов и крупных объектов массового посещения, таких как крупные торгово-развлекательные комплексы или комплексы массовой жилой застройки. Немаловажную роль в классификации играет факт размещения остановки на характерных для нашего города продольных магистралях, поперечно связывающих их улицах либо на их пересечениях. Особое место занимают пересадочные транспортные узлы города. Транспортные узлы образуются в местах соприкосновения маршрутов движения основного вида транспорта — электротранспорта (электropоезда, трамвая, троллейбуса) — с маршрутами автобусов и маршрутных такси, где происходит массовая пересадка пассажиров с одного вида транспорта на другой. При этом основным приоритетным видом транспорта принят электротранспорт как наиболее стабильное средство перевозки пассажиров, а размещение узлов привязывалось к существующим платформам и остановкам. В настоящий момент для г. Волгограда выявлено 32 таких узла. Насыщение транспортными и общественными функциями близлежащих зон транспортно-пересадочных узлов в радиусе массовой пешеходной доступности вокзалов, станций, остановочных пунктов условно, в пределах до 1000 м, приводит к образованию многофункциональных пространственно развитых общественно-транспортных центров, или узлов. Создание на базе транспортно-пересадочных узлов многофункциональных центров стало ведущим направлением в практике современного градостроительства. Пространственное объединение различных видов и форм обслуживания на территории, непосредственно примыкающей к узлам пересадки, или их включение в транспортные объекты способствует комплексному освоению городской территории, высокому уровню ее благоустройства и инженерного оснащения. Практика проектирования и строительства общественно-транспортных центров в нашей стране и за рубежом показывает большое разнообразие их структурных характеристик по местоположению, особенностям транспортной зоны, насыщению объектами обслуживания, площади участка и застройки, использованию подземного пространства.

Важными предпосылками преобразования и улучшения архитектурно-пространственной среды города являются интенсификация использования его территорий путем упорядочения функционального зонирования, эффективность использования уже освоенных городских земель.

Эти решения проекта служат приоритетной задачей общественно-транспортного центра (узла).

Упорядочение функционального зонирования территории требует внедрения в практику программного комплекса автоматизированного проектирования, включающего пакеты прикладных программ функционального зонирования территории, размещения объектов культурно-бытового обслуживания и решения задач городского транспорта.

Привязка типологии пунктов общественного транспорта к расположению на плане города в прошлом исследовалась не достаточно, но имеет несомненную научную новизну и практическую ценность. Если рассматривать предложения по классификации остановок еще и в привязке к обеспечению безопасности на них, то можно придти к новым нестандартным решениям, ранее не рассматривавшимся. В вопросе обеспечения безопасности на остановках есть масса перспективных направлений для исследования.

Путем анализа статистики ДТП на остановках общественного транспорта можно выявить их основные закономерности и причины. А также можно проследить зависимость типа и степени тяжести ДТП от расположения остановок на плане города.

Итак, можно выделить следующие проблемы и перспективные направления исследования остановок городского пассажирского транспорта Волгограда:

- 1) оптимальное расположение остановочных пунктов ГПТ на плане города:
 - а) обеспечение максимальной доступности граждан к остановкам ГПТ вблизи мест притяжения пассажиропотоков;
 - б) наилучшее размещение остановочного пункта вблизи узлов магистральной улично дорожной сети города с точки зрения обеспечения безопасности дорожного движения;
- 2) классификации остановочных пунктов и пересадочных транспортных узлов по градостроительному признаку, в зависимости от мест их размещения в привязке к характерной линейно вытянутой планировке г. Волгограда:
 - а) определение необходимой функциональной нагрузки остановочного пункта в зависимости от классификации;
 - б) выработка типовых планировочных решений различных по градостроительному признаку групп остановок ГПТ;
- 3) обеспечение безопасности дорожного движения в зоне остановки городского пассажирского транспорта:
 - а) привязка статистики ДТП к расположению остановок на плане города;
 - б) защита находящихся на остановке пассажиров и снижение риска возникновения ДТП в зоне остановки городского пассажирского транспорта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ОСТ 218.1.002—2003. Автобусные остановки на автомобильных дорогах. М., 2003.
2. МДС 32-2.2000. Рекомендации по проектированию общественно-транспортных центров (узлов) в крупных городах. М. : ЦНИИП градостроительства Госстроя России, 2000. 37 с.
3. Комплексная транспортная схема Волгограда до 2025 года : отчет по науч.-исслед. работе / М.М. Девятков, С.В. Алексиков, В.А. Лукин и др. № гос. рег. 0120.0 803804.
1. OST 218.1.002—2003. Avtobusnyye ostanovki na avtomobil'nykh dorogakh. M., 2003.
2. MDS 32-2.2000. Rekomendatsii po proektirovaniyu obshchestvenno-transportnykh tsentrov (uzlov) v krupnykh gorodakh. M. : TsNIIP gradostroitel'stva Gosstroya Rossii, 2000. 37 s.
3. Kompleksnaya transportnaya schema Volgograda do 2025 goda : otchet po nauch.-issled. rabote / M.M. Devyatov, S.V. Aleksikov, V.A. Lukin i dr. № gos. reg. 0120.0 803804.

Поступила в редакцию в октябре 2010 г.

© Иржаков А.С., 2010

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА. ЛАНДШАФТНАЯ АРХИТЕКТУРА

УДК 629.331:504

Н.В. Сапожкова

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОТРАНСПОРТА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ГОРОДЕ

Исследовано многофакторное воздействие автотранспорта на окружающую среду и разработана методика комплексной оценки негативного воздействия шума, загазованности, запыленности, вибрации для определения эффективных мероприятий по его снижению. Предложена программа «ЭкоАвто», применимая для комплексной оценки экологического состояния отдельной улицы, района и всей транспортной структуры в целом.

К л ю ч е в ы е с л о в а: автотранспорт, экологическая ситуация, город, «ЭкоАвто», загрязнение окружающей среды, примагистральная территория.

The multiple beneficial effects of vehicles on the environment investigated and the methodology of integral assessment of the negative effect of noise and gas pollution, dust, vibration, to identify effective interventions for its reduction was developed. The program "EkoAvto", applicable to integral assessment of ecological state of separate streets, the district and the entire transport of the whole structure, was proposed.

K e y w o r d s: motor transport, environmental situation, city, program "EkoAvto", pollution of environment, territory near highway.

На сегодняшний день Волгоград относится к числу городов с высоким уровнем загрязнения окружающей среды, где более 50 % от общего числа техногенных источников загрязнений приходится на долю суммарных загрязнений от автомобильного транспорта.

В многочисленных научных исследованиях российских и зарубежных ученых в данной области доказано негативное воздействие автотранспорта на все экосистемы: воду, воздух, почву — с изменением их химических и физических свойств.

Такая ситуация, естественно, сказывается на состоянии всех участников дорожного движения, а также на здоровье населения города, проживающего в непосредственной близости от проезжей части.

Все это приводит к созданию в городе обширных и устойчивых зон, в пределах которых в несколько раз превышаются санитарно-гигиенические нормативы по различным показателям. Проведенный анализ статистических данных ГИБДД по г. Волгограду показал, что с 2004 по 2009 гг. количество автомобильного транспорта возросло на 45 % и тенденция интенсивного роста сохраняется, в связи с этим возрастет негативное воздействие автотранспорта на окружающую среду и человека.

В условиях города на организм человека и окружающую среду наибольшее негативное воздействие оказывают такие факторы, как шум, загазованность, запыленность и вибрация (рис. 1), которые необходимо исследовать в комплексе с целью точной оценки.

Исследования показали, что каждый из перечисленных выше факторов в различной степени воздействует на определенные органы или системы человеческого организма (табл. 1).

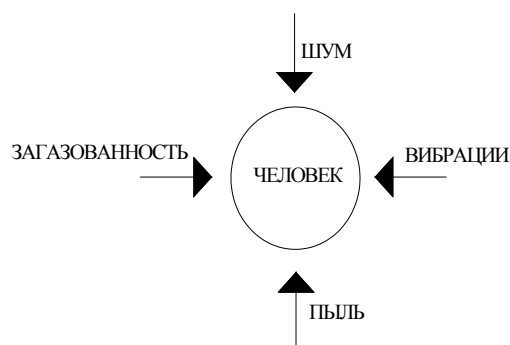


Рис. 1. Загрязняющие факторы от автомобильного транспорта

Т а б л и ц а 1

Степень воздействия загрязняющих факторов на человеческий организм

Негативный фактор	Органы и системы человеческого организма, испытывающие воздействие					
	Нервная система	Сердечно-сосудистая система	Дыхательные пути	Кровь	Желудочно-кишечный тракт	Орган слуха
Загазованность	■	■	■	■	■	—
Запыленность	—	▲	■	▲	▲	—
Шум	■	■	—	■	▲	■
Вибрация	■	■	—	■	▲	О

Условные обозначения: ■ — действие негативного фактора выражено явно; ▲ — то же неявно; О — незначительное количество данных о влиянии; — — действие негативного фактора отсутствует.

Из табл. 1 видно, что исследуемые факторы в разной степени воздействуют на кровеносную, сердечно-сосудистую системы, желудочно-кишечный тракт, и при одновременном воздействии нескольких или всех факторов происходит комбинированное негативное влияние на организм человека:

$$\sum B = L + C_{\text{п}} + C_{\text{з}} + E, \quad (1)$$

где L — уровень шума; $C_{\text{п}}$ — запыленность; $C_{\text{з}}$ — загазованность; E — уровень вибрации.

Поэтому для учета действий всех факторов целесообразно применение системного подхода с помощью принятой пофакторной оценки состояния жилой застройки от воздействия автотранспорта (табл. 2).

На базе принятой системы оценок разработана программа «ЭкоАвто» позволяющая оценить изменения состояния окружающей среды при воздействии четырех исследуемых факторов от автотранспорта: шум, вибрация, загазованность, запыленность на любом участке улично-дорожной сети.

Т а б л и ц а 2

Оценка состояния жилой застройки от воздействия автотранспорта

Уровень комфортности	Факторы				
	Шум	Вибрация, интенсивность, авт/ч, груз. транспорт, %	Загазованность, ед. ПДК	Запыленность, ед. ПДК	Баллы
Благоприятно	До 50 дБА	Интенсивность менее 1000 — отсут.	До 1,0 ПДК	Менее 0,8 ПДК	0
Относительно благоприятно	Свыше 50...65 дБА	Интенсивность от 1000 до 2000 — 20	1...1,5 ПДК	0,8...1,2 ПДК	1
Неблагоприятно	Свыше 65...75 дБА	Интенсивность от 2000 до 3000 — 20...40	1,5...2,0 ПДК	1,2...2,0 ПДК	2
Неблагоприятно по фактору	Свыше 75 дБА	Интенсивность 3000 и более — свыше 40	Свыше 2,0 ПДК	Свыше 2,0 ПДК	3

Проведены натурные исследования транспортной сети Ворошиловского района г. Волгограда (рис. 2), в результате которых определены интенсивность движения транспортных средств, количество грузового и общественного транспорта, геометрические параметры проезжей части и тип застройки примыкающих территорий.



Рис. 2. Схема Ворошиловского района г. Волгограда с узлами наблюдения

С помощью программы «ЭкоАвто» автоматически на соответствующих вкладках формируются диаграммы суммарного воздействия факторов на окружающую среду, вклада каждого фактора в суммарное воздействие, а также диаграммы влияния для каждого из факторов (рис. 3).

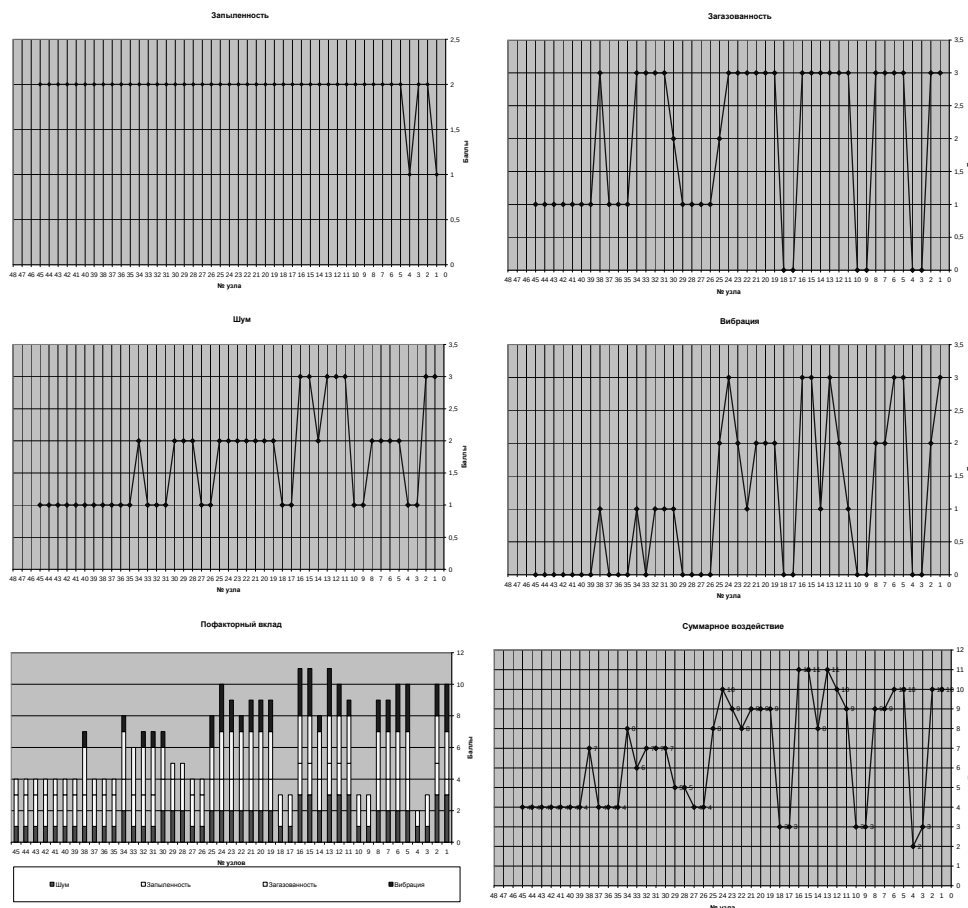


Рис. 3. Результаты программы «ЭкоАвто»

«ЭкоАвто» позволяет произвести оценку как участка улично-дорожной сети, так и городской транспортной системы в целом.

Полученные диаграммы позволяют достоверно оценить уровень загрязнения от автомобильного транспорта от рассматриваемых четырех факторов с помощью принятой балльной системы (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Оценка состояния улично-дорожной сети

№	Состояние УДС	Количество баллов
1	Удовлетворительная обстановка	До 4
2	Критическая обстановка	Более 4 до 9
3	Недопустимая обстановка	Более 9

Таким образом, на исследуемой транспортной сети Ворошиловского района экологическая ситуация характеризуется диаграммой, приведенной на рис. 4.

Полученные результаты комплексной оценки необходимо использовать при разработке проектов жилых зданий, проектов детальной планировки и генпланов городов для снижения воздействия одного или нескольких факторов. Для этого необходимо применять экологически чистые строительные материалы в строительстве или реконструкции дорожного покрытия, улучшать качество автотранспорта и регулировать транспортные потоки в городе, а также усиливать озеленение примагистральных территорий.

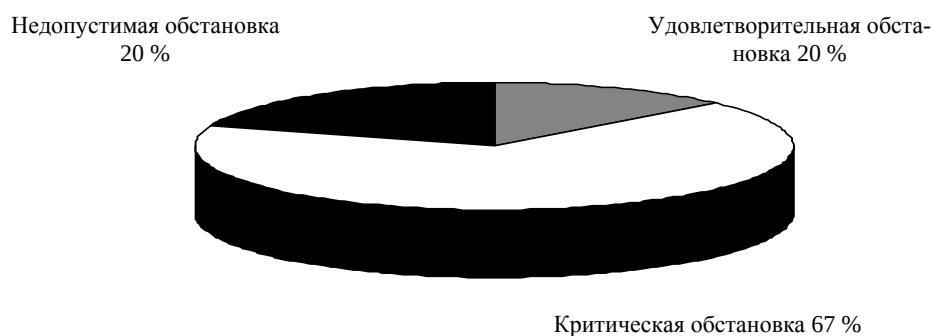


Рис. 4. Состояние экологической обстановки Ворошиловского района

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павлова Е.И., Буравлева Ю.В. Экология транспорта. М. : Транспорт, 1998.
2. Сидоренко В.Ф. Теоретические и методологические основы экологического строительства. Волгоград : ВолгГАСА, 2000. 200 с.
3. Социально-гигиенические проблемы охраны окружающей среды // Проблемы больших городов : обзорная информация. М., 1995. Вып. 8. 23 с.
4. Руководство по выбору проектных решений в строительстве. М. : Стройиздат, 1982. 104 с.
1. Pavlova E.I., Buravlyova Yu.V. Ekologiya transporta. M. : Transport, 1998.
2. Sidorenko V.F. Teoreticheskiye i metodologicheskiye osnovy ekologicheskogo stroitel'stva. Volgograd : VolgGASU, 2000. 200 s.
3. Sotsial'no-gigiyenicheskiye problemy okhrany okruzhayushchey sredy // Problemy bol'shikh gorodov : obzornaya informatsiya. M., 1995. Vyp. 8. 23 s.
4. Rukovodstvo po vyboru proektnykh resheniy v stroitel'stve. M. : Stroyizdat, 1982. 104 s.

© Сапожкова Н.В., 2010

Поступила в редакцию
в октябре 2010 г.

УДК 712.25+711.4(470.44)

И.А. Кагайкин

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ АРХИТЕКТУРНО-ЛАНДШАФТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ГОРОДОВ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Обсуждается проблема развития архитектурно-ландшафтной организации в условиях современных городских территорий. Предложены основные направления развития архитектурно-ландшафтных комплексов урбанизированных пространств Нижнего Поволжья.

К л ю ч е в ы е с л о в а: архитектурно-ландшафтная организация, архитектурно-ландшафтные комплексы, Нижнее Поволжье, урбанизированная среда, рекультивация ландшафтов, городские ландшафты.

The problem of architectural and landscape organization in modern urban areas is discussed. Key-notes of development of architectural and landscape complex urban spaces of the Lower Volga region is offered.

K e y w o r d s: architectural and landscape organization, architectural and landscape complexes, Lower Volga region, urban environment, landscape recultivations, urban landscapes.

Экономический подъем России в целом и региона Нижнего Поволжья в частности в последнее десятилетие сопровождалось развитием и укрупнением городских территорий. Ситуация, к которой в результате пришли в своем развитии города Нижнего Поволжья, становится катастрофической. Равновесие природных процессов на обширных городских территориях оказалось нарушенным. Если в прошлые десятилетия рост городов Нижнего Поволжья осуществлялся экстенсивно, за счет их расширения, то в новых экономических условиях главным принципом становится использование внутренних территорий, архитектурно-пространственная и функционально-социальная организация которых не соответствует их градостроительному значению и потенциалу.

Хаотичное появление архитектурных комплексов, их бессистемность, отсутствие грамотных связей со сложившейся планировочной структурой городов и игнорирование ландшафтных особенностей привели к нарушению баланса между застроенными участками городской среды и естественными компонентами природного ландшафта. Взаимодействие естественной и искусственной среды превратилось в острейшую проблему. В условиях дальнейшего развития урбанизированных пространств должен быть изменен подход к проектированию архитектурно-ландшафтных комплексов.

Архитектурно-ландшафтный комплекс (АЛК) — элемент планировочной структуры города, формирующийся на основе гармонично организованного взаимодействия природного и антропогенного ландшафтов, обладающий функционально-планировочной целостностью и композиционной завершенностью.

Внедрение новых прогрессивных экологических и инженерных технологий создает объективные условия для адаптации нерационально используемых земель. Высокая потребность городов региона в территориях для развития диктует необходимость разработки новых приемов застройки, изменения функциональной и архитектурно-пространственной организации урбанизи-

ванных пространств. В последние годы в архитектуре наметились новые направления как в теории, так и практике архитектурно-ландшафтного проектирования. Это эффективное и рациональное использование существующих внутригородских ландшафтных комплексов с точки зрения возможности синтеза природных и урбанизированных составляющих ландшафтов с учетом региональной специфики, являющейся одной из главных проблем развития современного градостроительства; поиск возможностей создания гармонично сформированных архитектурно-ландшафтных градостроительных элементов в сложившейся урбанизированной среде приречных городов Нижнего Поволжья.

При архитектурно-ландшафтном проектировании город рассматривается как экологическая система, подчиненная закономерностям развития, поэтому все искусственные и естественные элементы, составляющие ее, должны находиться в строгом соответствии, чтобы данная среда представляла собой не случайно созданное неорганизованное образование, а сбалансированную органичную систему, благоприятную для жизни.

Анализ отечественного и зарубежного опыта освоения городских территорий позволил выявить *основные направления* архитектурно-ландшафтной организации городской среды:

1) *реанимация депрессивных территорий*. Современные средства позволяют не только сохранить, но и преобразовать и улучшить естественный ландшафт городских пространств. В прямой зависимости от особенностей ландшафтных условий и поставленных проблем используются разные методы: охрана, улучшение, восстановление. Одна из форм современного зарубежного развития архитектурно-ландшафтной организации городских территорий — рекультивация ландшафтов, т.е. система работ, направленных на восстановление хозяйственной, медикобиологической и эстетической ценности нарушенных техногенной деятельностью ландшафтов. Важно возвращение природы в города. Так, например, на месте бывших промышленных и складских площадей создаются новые сады. В Париже сад в области Ля Дефанс площадью 25 га создан на месте мелких промышленных предприятий и складов, сад Ла Виллет площадью около 30 га — на месте скотобоен, сад Ситроен — на месте промышленной застройки. В Мюнхене Олимпийский сад с развитой инфраструктурой площадью 141 га расположился там, где раньше находилась городская свалка;

2) *создание гибких моделей развивающегося пространства с возможностью обновления и реорганизации ландшафтных территорий*. Интересным примером преобразования овражных территорий может служить градостроительная концепция «Ландшафтно-градостроительный комплекс «Царицынская долина» в г. Волгограде. Предполагается масштабная реконструкция междуречья рек Цырицы и Дубовки, формирование «зеленого луча», связывающего лесозащитный пояс города с территорией природного парка «Волго-Ахтубинская пойма», обеспечение экологически комфортных условий для проживания горожан на реконструируемой территории. Следуя за рельефом, застройка стелется по амфитеатру в виде поднимающихся одна над другой террас, на возвышенных местах выделяются доминанты, призванные подчеркнуть протяженную линию города и обогатить его силуэт;

3) *функциональное и эстетическое обогащение архитектурно-ландшафтных комплексов*. Создание на нерационально используемых терри-

ториях многофункциональной полицентрической структуры АЛК будет способствовать равномерному распределению социальных и общественно-культурных функций в границах города. Застройка таких территорий может дать существенный эффект в развитии архитектурно-планировочной структуры города, совершенствовании его архитектурно-художественного облика;

4) *увеличение природного потенциала городских ландшафтов*. Природные условия территории являются важнейшим фактором, определяющим «архитектурную тектонику системы отдыха, санитарно-гигиенические и эстетические качества их среды, а также индивидуальность и выразительность архитектурно-ландшафтного облика города». Необходимость формирования природного каркаса как органичной части застройки определяется высокими гарантиями сохранения фрагментов природного ландшафта, которые способны воспринимать возрастающие рекреационные нагрузки, не утрачивая экологический баланс. Большое значение в преобразовании природных пространств отводится сохранению ценных компонентов природного ландшафта — лесных массивов и береговых территорий малых рек, оказавшихся в зонах влияния малоэтажной застройки. Именно они обеспечивают экоустойчивость застроенных территорий, им принадлежит основная роль в системе полноценных буферных пространств, которые обустраиваются для различных форм коллективного досуга. В новых зарубежных городах, как правило, формирование городского ландшафта основано на тщательном изучении и всестороннем использовании рельефа, территории, существующих насаждений, водоемов и других характерных особенностей ландшафта, их дополнении и обогащении. Это дает возможность включить в структуру города естественный ландшафт, не подвергая его серьезным изменениям. Планировочная структура г. Велингбю (пригород Стокгольма) составлена из крупного центрального массива зеленых насаждений, расположенных вокруг него шести микрорайонов и общественно-торгового центра, связанного со всей жилой зоной полукольцом городской магистрали. Максимальный учет рельефа местности и существующих зеленых насаждений привел к живописному решению планировки города. Он выявился в плавных изгибах улиц и даже местами домов, повторяющих линии рельефа. Все перепады рельефа и склоны холмов использованы под застройку;

5) *многоуровневость, ярусность в объемно-пространственной организации комплексов*. Развитие многоуровневой урбанистики на современном технологическом уровне позволяет расширить жизненное пространство человека. Нужно не забывать об освоении третьего измерения — вертикали. Освоение крыш зданий и сооружений, балконов, террас и их озеленение способствует стиранию границ между архитектурой и природой, что благотворно влияет на человеческую психику и восприятие окружающей действительности. Использование озеленения поверхностей крыш зданий и сооружений в крупном городе обладает немалыми возможностями в плане оздоровления городской среды и улучшения многих микроклиматических показателей. Европейская практика также предполагает освоение пустот в центральной части города. Однако по мере удаления от центра там стараются сохранять «зеленые интервалы». Так в Париже, в районе новостроек, сделан непрерывный «зеленый коридор» шириной около 60 м, в границах которого законодательно запрещено любое строительство. «Зеленая зона» расположе-

на ниже уровня земли, а все транспортные развязки проходят на путепроводе, не мешая горожанам. В рамках этого «коридора» созданы пешеходные и велосипедные дорожки и даже оборудованы туалеты для собак, чтобы не загрязнялась основная территория. Различные исследования, проведенные в этой области, показали, что предпочтительней использование для транспорта (включая парковки) подземного пространства, а надземное пространство лучше использовать для создания искусственной поверхности земли, на которой будут располагаться прогулочные зоны и зоны отдыха. В некоторых случаях, когда невозможно предоставить уровень земли, пешеходные движения располагают под или над землей (галереи, мосты и другие сооружения), тем самым ограждая население города от шумового и психологического воздействия транспорта.

В конкурентной борьбе городов за инвестиции на развитие внутригородских территорий стартовые позиции наиболее сильны у приречных городов. Особая роль и значительный ресурс в этом отношении у территорий региона Нижнего Поволжья, в первую очередь благодаря наличию благоприятных ландшафтных ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Нефедов В.А.* Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. СПб., 2002. 295 с.
2. *Косицына Э.С., Птичникова Г.А., Иванова Н.В.* Архитектурно-ландшафтные основы проектирования городов. 2-е изд., испр. и доп. Волгоград : ВолГАСУ, 2006. 144 с.
3. *Антюфеев А.В., Птичникова Г.А., Чернявская Т.А.* Региональные основы ландшафтной архитектуры. Волгоград : ВолГАСУ, 2005. 188 с.

1. *Nefyodov V.A.* Landshaftnyy dizayn i ustoychivost' sredy. Spb., 2002. 295 s.
2. *Kositsyna E.S., Ptichnikova G.A., Ivanova N.V.* Arkhitekturn-landshaftnyye osnovy proektirovaniya gorodov. 2-e izd., ispr. I dop. Volgograd : VolgGASU, 2006. 144 s.
3. *Antyufeev A.V., Ptichnikova G.A., Chernyavskaya T.A.* Regional'nyye osnovy landshaftnoy arkhitektury. Volgograd : VolgGASU, 2005. 188 s.

© Кагайкин И.А., 2010

Поступила в редакцию
в октябре 2010 г.

УДК 502.3:504.5:69

О.В. Двинянина, А.Ю. Недре

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕЧНЕЙ ВРЕДНЫХ (ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ) ВЕЩЕСТВ, ПОДЛЕЖАЩИХ НОРМИРОВАНИЮ, НА ОБЪЕКТАХ СТРОЙИНДУСТРИИ

Приведены результаты апробации методологии установления перечней вредных (загрязняющих) веществ, подлежащих нормированию, на ряде объектов строительной индустрии. Определено, что в среднем около трети загрязняющих веществ, выбрасываемых этими предприятиями, не оказывают значимого влияния на качество атмосферного воздуха, а наиболее неблагоприятное влияние оказывают выбросы различных аэрозолей (металлов, их солей, пыли с различным содержанием соединений кремния и др.).

К л ю ч е в ы е с л о в а: вредные (загрязняющие) вещества, строительная индустрия, нормирование выбросов, атмосферный воздух, показатель опасности выбросов, источники выбросов.

The results of testing methodology for establishing lists of hazardous (pollution agents) substances that are subject to regulation, on the several objects of the building industry are presented. At the mean of pollution agents emitted by these enterprises do not influence on air quality. Emissions of various aerosols (metals, their salts, dust with different contents of silicon compounds, etc.) have the most adverse effect.

К e y w o r d s: hazardous (pollution agents) substances, building industry, regulation of emissions, common air, rate of emissions risk, emitter.

В соответствии с действующими в стране нормативными документами [1—4] в настоящее время нормируется большое количество загрязняющих веществ (ЗВ), выбросы которых не оказывают значимого влияния на загрязнение атмосферного воздуха, что ведет к значительным финансовым расходам со стороны хозяйствующих субъектов, а также снижает эффективность государственного регулирования выбросов вредных ЗВ в атмосферный воздух.

Для повышения эффективности работ по нормированию выбросов в России с учетом действующих в странах ЕС подходов и специфики российских объектов как источников загрязнения атмосферы разработана методология определения перечней ЗВ, подлежащих нормированию. Суть ее заключается в следующем. Из общего перечня веществ, выбрасываемых в атмосферу предприятием, определенного по результатам инвентаризации выбросов, исключаются ЗВ, не оказывающие заметного влияния на качество атмосферного воздуха. Такое исключение проводится в два этапа.

На первом этапе для каждого ЗВ, выбрасываемого предприятием, по данным о параметрах источников выбросов на основании инвентаризации рассчитывается значение показателя опасности выбросов. В формулу для этого показателя заложено наиболее опасное для формирования расчетной максимальной приземной концентрации (в долях ПДК) сочетание параметров выбросов источников. Количественное значение показателя ниже принятого критического значения, которое, как правило, характеризует уровень приземной концентрации менее 0,1 ПДК на границе промышленной или производственной территории, позволяет установить вредные вещества с малым воздействием на атмосферный воздух.

Необходимость учета источников выбросов и вредных веществ при нормировании выбросов характеризует показатель опасности выбросов $\tilde{C}_{mj}$, который рассчитывается для каждого j -го выбрасываемого вещества:

$$\tilde{C}_{mj} = 4,26 \frac{A\eta F_j}{\text{ПДК}_j} \sum_{i=1}^N \frac{M_{j,i}}{H_{j,i}^3}, \quad (1)$$

где A — коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, его значения принимаются в соответствии с табл. 1; η — безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, принимается в соответствии с разд. 4 ОНД-86 [4]; F_j — безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе (для газообразных и жидких примесей $F = 1$; для твердых $F = 3$); ПДК_j — наименьшее из значений $\text{ПДК}_{\text{мр},j}$ и $\text{ПДК}_{\text{э},j}$; $\text{ПДК}_{\text{мр},j}$, мг/м³ — максимальная разовая предельно допустимая концентрация j -го вещества в атмосферном воздухе населенных мест; $\text{ПДК}_{\text{э},j}$, мг/м³ — экологический норматив качества атмосферного воздуха; в случае, если для какого-либо вещества $\text{ПДК}_{\text{мр},j}$ не установлена, используется ОБУВ _{j} этого вещества; в случае отсутствия $\text{ПДК}_{\text{мр},j}$ и ОБУВ _{j} используется величина $10 \text{ ПДК}_{\text{сс},j}$; где $\text{ПДК}_{\text{сс},j}$ — среднесуточная ПДК j -го вещества; i — порядковый номер источника выбросов данного загрязняющего вещества в атмосферу; N — количество источников выбросов данного загрязняющего вещества при наиболее неблагоприятном режиме выбросов предприятия; $M_{j,i}$ — значение выброса j -го вредного (загрязняющего) вещества от i -го источника предприятия, определенное на основе результатов инвентаризации выбросов и источников их поступления в атмосферу, г/с; $H_{j,i}$ — значение высоты i -го источника предприятия, из которого выбрасывается данное вещество, м.

Т а б л и ц а 1

А	Район (территория)
250	Для Республики Бурятия и Читинской области
200	Для европейской территории России: для районов южнее 50° с.ш., для остальных районов Нижнего Поволжья, Кавказа, для Азиатской территории России (кроме Норильского района)
180	Для европейской территории России и Урала от 50 до 52° с.ш. за исключением попадающих в эту зону перечисленных выше районов, для Норильского района
160	Для европейской территории России и Урала севернее 52° с.ш. (за исключением Центра ЕТ)
140	Для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Калужской, Ивановской областей

П р и м е ч а н и я. 1. Для других территорий значения коэффициента A должны приниматься соответствующими значениям коэффициента A для районов России со сходными климатическими условиями турбулентного обмена. 2. Для определения параметра $\tilde{C}_{mj}$ по веществам, выброс которых в атмосферу уменьшается за счет газоочистных и пылеулавливающих установок (ГОУ) или других средств обезвреживания, необходимо использовать величину максимального разового выброса до применения ГОУ.

Для каждого вещества из определенного по результатам инвентаризации общего перечня вредных веществ, поступающих в атмосферу от предприятия, проверяется выполнение условия

$$\tilde{C}_{mj} \geq \varepsilon. \quad (2)$$

П р и м е ч а н и е. Значение « ε » устанавливается в зависимости от социальной и экономической обстановки в конкретном регионе. Рекомендуемое значение $\varepsilon = 0,1$.

Те вещества, для которых выполняется условие (2), включаются в перечень нормируемых вредных веществ.

На втором этапе, с учетом особенностей местоположения источников загрязнения атмосферы по отношению к жилой территории и другим зонам, к которым предъявляются повышенные экологические требования, проводятся расчеты загрязнения атмосферы и определяются вещества, по которым наибольшее значение приземной концентрации в жилой зоне C_n превышает 0,05 ПДК.

К веществам, подлежащим нормированию, относятся те, для которых одновременно выполняются следующие условия:

$$\begin{cases} \tilde{C}_M > 0,1; \\ C_n > 0,05. \end{cases}$$

Эффект суммирования вредного действия веществ нет необходимости учитывать вследствие малого содержания рассматриваемых примесей в атмосферном воздухе. По этой же причине не требуется принимать во внимание фоновое загрязнение, так как фон учитывается для тех веществ, концентрация которых превышает 10 % от предельно допустимого значения.

Результаты апробации данного метода на ряде объектов строительной индустрии приведены ниже.

Практика воздухоохранной деятельности показывает, что из предприятий, производящих строительные материалы, наиболее значимое влияние на атмосферу, приводящее к загрязнению атмосферного воздуха, оказывают выбросы цементных заводов, особенно на этапе обжига сырьевой смеси. Специфика технологии производства цемента предполагает крупные, сложные и энергоемкие производства. В табл. 2 приведены количественные результаты определения перечней вредных веществ и источников, подлежащих нормированию, для цементного завода.

Т а б л и ц а 2

Число загрязняющих веществ			
Общее	Подлежащих нормированию	Концентрация $\leq 0,05$ ПДК	$\tilde{C}_M \leq 0,1$
38	7	25	6

Как видно из результатов расчетов, нормировать на цементном заводе целесообразно порядка 20 % от общего количества наименований вредных веществ.

Выбросы загрязняющих веществ при производстве кирпича, прочих строительных изделий из обожженной глины, бетона, гипса и цемента обычно не создают условий для нарушения критериев качества воздуха. В табл. 3

приведены количественные результаты определения перечней вредных веществ и источников, подлежащих нормированию, для ряда предприятий, производящих изделия из обожженной глины, бетона, гипса и цемента.

Т а б л и ц а 3

Пред- при- ятие	Число загрязняющих веществ			
	Общее	Подлежащих нормированию	Концентрация $\leq 0,05$ ПДК	$\tilde{C}_m \leq 0,1$
1	34	16	8	10
2	48	13	18	17
3	24	10	9	5
4	23	4	14	5
5	23	3	7	13

Как видно из результатов расчетов, вещества, нормирование которых целесообразно, составляют 13...47 % от общего количества наименований вредных веществ на выбранных для примера предприятиях.

При асфальтобетонном производстве критерии качества воздуха обычно также не нарушаются. В табл. 4 приведены количественные результаты определения перечней вредных веществ и источников, подлежащих нормированию, для ряда асфальтобетонных заводов.

Т а б л и ц а 4

Пред- приятие	Число загрязняющих веществ			
	Общее	Подлежащих нор- мированию	Концентрация $\leq 0,05$ ПДК	$\tilde{C}_m \leq 0,1$
1	22	9	8	5
2	18	8	6	4
3	14	4	8	2
4	16	4	10	2
5	14	8	3	3
6	14	9	4	1
7	14	6	2	6
8	23	11	9	3

Результаты расчетов показывают, что вещества, нормирование которых целесообразно, составляют 25...64 % от общего количества наименований вредных веществ на выбранных для примера предприятиях.

Анализ перечней значимых с точки зрения воздействия на атмосферный воздух вредных примесей для предприятий строительной индустрии показывает, что наиболее неблагоприятное влияние оказывают выбросы различных аэрозолей (металлов, их солей, пылей с различным содержанием соединений кремния и др.).

Таким образом, внедрение такого подхода в практику воздухоохранной деятельности на территории России позволит оптимизировать систему госу-

дарственного учета и нормирования выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, сократить объем разработок нормативов ПДВ, ведущихся предприятиями и специализированными организациями, и трудовые затраты специалистов контролирующих органов при рассмотрении и установлении нормативов выбросов и контроле за их соблюдением.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный Закон «Об охране атмосферного воздуха». М., 1999.
2. Постановление Правительства РФ № 183 от 02.03.2000 г. «О нормативах выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и вредных физических воздействий на него».
3. ГОСТ 17.2.1.04—77. Охрана природы. Атмосфера. Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы. Основные термины и определения. М. : Изд-во стандартов, 1977.
4. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Л. : Гидрометеиздат, 1987.
1. Federal'nyy zakon "Ob okhrane atmosfernogo vozdukha". M., 1999.
2. Postanovleniye Pravitel'stva RF № 183 ot 02.03.2000 g. «O normativakh vybrosov vrednykh (zagryaznyayushchikh) veshchestv v atmosfernyy vozdukh i vrednykh fizicheskikh vozdeystviy na nego».
3. GOST 17.2.1.04—77. Okhrana prirody. Atmosfera. Istochniki i meteorologicheskiye factory zagryazneniya, promyshlennyye vybrosy. Osnovnyye terminy i opredeleniya. M. : Izd-vo standartov, 1977.
4. OND-86. Metodika rascheta kontsentratsiy v atmosfernom vozdukh e vrednykh veshchestv, soderzhashchikhsya v vybrosakh predpriyatiy. L. : Gidrometeoizdat, 1987.

© Давнянина О.В., Недре А.Ю., 2010

*Поступила в редакцию
в сентябре 2010 г.*

УДК 69:502.3

Л.А. Нечаева

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ НЕПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Проведен качественный анализ строительных процессов от этапа подготовки строительной площадки до этапа благоустройства и уборки территории. Сделан расчетный анализ выбросов, создаваемых строительной площадкой, и проанализирован их состав на различных стадиях строительного процесса.

К л ю ч е в ы е с л о в а: выбросы загрязняющих веществ, объекты непроизводственного назначения, строительная площадка.

The speculative analysis of building operations carried out from the preparation stage of the building ground to the stage of land improvement and mop-up operation. The design analysis of emissions generated by the building ground is made and their composition at different stages of the building operation is analyzed.

K e y w o r d s: pollutant emissions, objects of non-production values, building ground.

Согласно постановлению Правительства РФ от 16.02.2008 г. № 87 [1], к объектам непроизводственного назначения относят здания, строения, сооружения жилищного фонда, социально-культурного и коммунально-бытового назначения, а также иные объекты капитального строительства непроизводственного назначения.

При размещении, выполнении предпроектной и проектной подготовки, проведении строительных работ по зданиям, строениям и иным объектам, оказывающим прямое или косвенное влияние на состояние окружающей среды, а также при их эксплуатации, консервации и ликвидации должны выполняться требования экологической безопасности, предусматриваться мероприятия по охране природы, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов, оздоровлению окружающей среды.

Если говорить о воздействии на атмосферный воздух, то в настоящее время нормирование выбросов от строительных работ регламентируется документами [2—9].

В настоящее время расчет выбросов загрязняющих веществ на период строительства является довольно объемной и трудоемкой задачей по причине необходимости рассмотрения многих вариантов расчета и большого количества процессов, так как необходимо учитывать периодичность и неравномерность работы строительной техники и механизмов.

Рассмотрим более подробно состав строительных работ (рис. 1), которые производятся в 2 этапа: подготовительный и основной.

К работам *подготовительного* этапа относятся:

инженерная подготовка территории строительства с основанием площадки;

устройство подъездов к строительной площадке и сооружение объектов строительного хозяйства;

подвод магистральных линий инженерных сетей и прокладка части внутриквартальных подземных коммуникаций и дорог с целью использования их для нужд строительства (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Стадии подготовительного периода строительных работ	Производимые работы	Строительная техника
Инженерная подготовка территории	Снос строений	Экскаватор; грейдер; бортовые автомобили
	Пескоструйные работы	
	Срезка и складирование растительного грунта	Экскаватор (обратная лопата); бортовые автомобили
	Вертикальная планировка территории	Экскаватор; грейдер; самосвал; бортовые автомобили
Устройство подъездов к строительной площадке и сооружение объектов строительного хозяйства	Устройство временных дорог и подкрановых путей в зависимости от типа временной дороги: гравийные проезды пересыпка сыпучих материалов дорожные плиты	Самосвал Грейдер; бортовые автомобили Автокран; бортовые автомобили
	Обустройство складов и установка инвентарных зданий	То же
	Подвод сетей водопровода и канализации и сетей электро-снабжения	
Подвод магистральных линий инженерных сетей и прокладка части внутриквартальных подземных коммуникаций и дорог	Рытье траншей	Экскаватор; бортовые автомобили
	Установка арматуры	
	Сварочные работы	
	Укладка труб	Автокран
	Засыпка траншей	Экскаватор

Основной период производства строительных работ можно разбить на четыре стадии: строительство подземной части, возведение надземной части, устройство дорог и проездов и благоустройство и озеленение (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Стадии основного периода строительных работ	Производимые работы	Строительная техника
Строительство подземной части		
Устройство искусственного основания Монтаж конструкций фундамента	Сборные фундаменты: арматурные работы; сварка; резка металла; устройство монолитных заделок; укладка плит, блоков	Бетононасос; бетономешалка Автокран
	Свайные фундаменты: бойка; срезка и подготовка голов, зачистка основания ростверков, арматурные работы; сварка металла; резка металла; бетонирование	Сваебойная машина Бетононасос; бетономешалка

Окончание табл. 2

Возведение надземной части		
Устройство стен	Здания из мелкоштучных материалов, монолитной конструкции, здания из крупнопанельных элементов, здания каркасной схемы	
Устройство кровли	Сварка и резка металлов для арматурных работ, каркасов	Бетононасос и бетономешалка Автогудронатор
Устройство дорог		
Устройство корыта, установка бордюров	Пересыпка сыпучих материалов	Экскаватор; автокран; бортовые автомобили
Устройство песчаной подушки, щебеночного основания		Грейдер; самосвал
Устройство асфальтобетонного покрытия	Асфальтобетонные работы	Асфальтоукладчик; каток; самосвал
Благоустройство и озеленение		
Планировочные работы	Пересыпка сыпучих материалов	Грейдер; самосвал
Озеленение	Асфальтобетонные работы	Бортовые автомобили
Устройство тротуаров и площадок		Асфальтоукладчик; каток; самосвал
		Уборочная техника

Исходя из вышеописанной схемы, несложно заметить, что все технологическое многообразие строительных процессов при возведении объектов непромышленного назначения в соответствии с существующими строительными нормами можно свести к значительно более узкому количеству нормируемых работ, большая часть из которых относится к работам автотранспорта и строительной техники. Также следует помнить, что зачастую электроснабжение стройки осуществляется от дизель-генератора.

Т а б л и ц а 3

Выбрасываемые загрязняющие вещества от различных строительных процессов

Процесс	Выбрасываемые загрязняющие вещества	
	Код	Наименование
Сварка, резка	123	Железо (II, III) оксиды
	143	Марганец и его соединения
	203	Хром шестивалентный
	2907	Пыль неорганическая: >70% SiO ₂
	301	Азот (IV) оксид (азота диоксид)
	343	Фториды растворимые
	344	Фториды плохо растворимые
	337	Углерод оксид
Перевозки автотранспортом (на бензине и дизельном топливе)	301	Азот (IV) оксид (азота диоксид)
	304	Азот (II) оксид (азота оксид)
	328	Углерод (сажа)
	330	Сера диоксид (ангидрид сернистый)
	337	Углерод оксид
	2704	Бензин (нефтяной, малосернистый)
	2732	Керосин
Строительство дорог (дорожная техника (на дизельном топливе))	301	Азот (IV) оксид (азота диоксид)
	304	Азот (II) оксид (азота оксид)
	328	Углерод (сажа)
	330	Сера диоксид (ангидрид сернистый)
	337	Углерод оксид
	2732	Керосин

Ниже представлена процентная оценка выбросов при строительстве на примере строительства двухэтажного здания (контрольно-диспетчерский пункт) со следующими техническими показателями:

площадь в границах проектирования — 3574 м²;

площадь застройки — 737,4 м²;

площадь твердых покрытий — 1744 м²;

площадь газонов — 1238 м²;

строительный объем здания — 5989 м³.

В данном случае период строительства был условно разделен на 3 этапа: подготовительные работы, возведение надземной части, благоустройство территории.

Для каждого источника были рассчитаны выбросы загрязняющих веществ. В силу того, что ПДК в атмосферном воздухе для разных веществ разные, то для сравнительной оценки выбросов по веществам было использовано соотношение $C_m/PДК$.

Ниже приведены диаграммы соотношения выбрасываемых веществ на разных стадиях строительства. Расчет производился согласно действующим методикам.

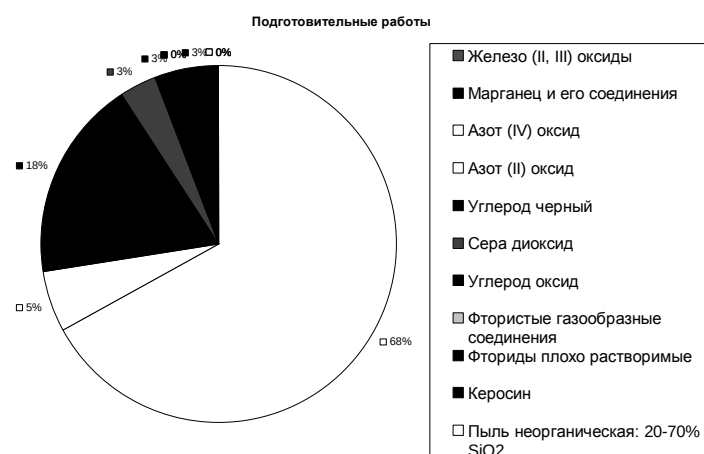


Рис. 1. Качественный состав выбросов при производстве подготовительных работ

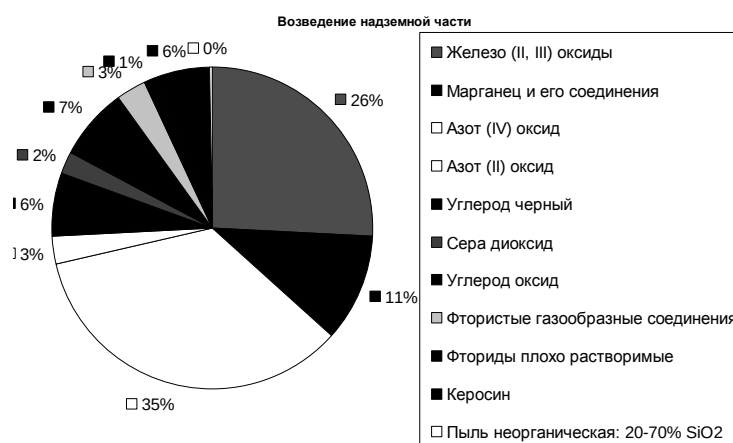


Рис. 2. Качественный состав выбросов при возведении надземной части

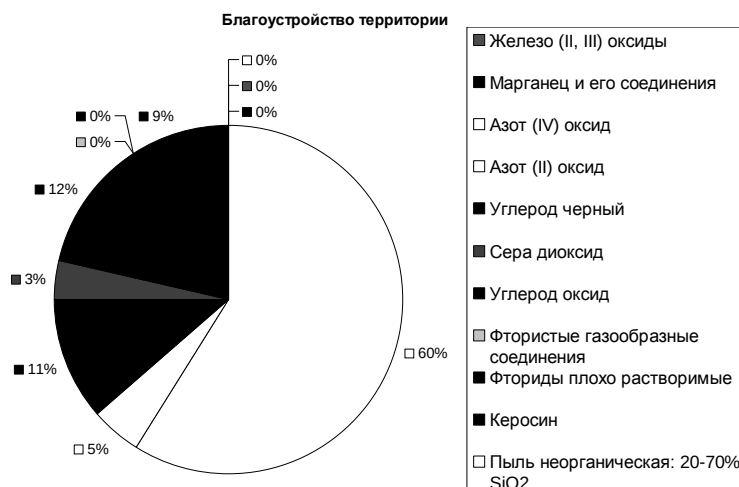


Рис. 3. Качественный состав выбросов при благоустройстве территории

Как видно из расчетов, самый значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносит диоксид азота. В случае подготовительных работ доля этого вещества достигает 65 %. Следующими значимыми веществами являются углерод оксид и углерод черный (тв). При возведении надземной части, где присутствуют сварочные работы, заметным становится вклад оксидов железа (26 %) и марганца (11 %).

Таким образом, планируется произвести оценку и обобщение по большому количеству объектов и рассчитать технические нормативы выбросов для каждого этапа производства строительных работ, что можно использовать для оптимизации процедуры разработки проектной документации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 г. № 87.
2. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (дополненное и переработанное). СПб. : НИИ «Атмосфера», 2005.
3. Методика расчета выделений загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных дизельных установок. СПб, 2001.
4. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автотранспортных предприятий (расчетным методом). М., 1998.
5. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для баз дорожной техники (расчетным методом). М., 1998.
6. Методика определения массы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух автотранспортными средствами. М., 1993.
7. Методическое пособие по расчету выбросов неорганизованных источников в промышленности строительных материалов. Новороссийск, 2000.
8. Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при сварочных работах (на основе удельных показателей). СПб., 1997.
9. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Л. : Гидрометеиздат, 1987.
10. Пособие по разработке проектов организации строительства и проектов производства работ для жилищно-гражданского строительства (к СНиП 3.01.01—85).

1. Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 16.02.2008 g. № 87.
2. Metodicheskoye posobiye po rascetu, normirovaniyu i kontrolyu vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferyy vozdukh (dopolnennoye i pererabotannoye). Spb. : NII "Atmosfera", 2005.

3. Metodika rascheta vydeleniy zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu ot statsionarnykh dizel'nykh ustanovok. Spb., 2001.
4. Metodika provedeniya inventarizatsii vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu avtotransportnykh predpriyatiy (raschetnym metodom). M., 1998.
5. Metodika provedeniya inventarizatsii vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu dlya baz dorozhnoy tekhniki (raschetnym metodom). M., 1998.
6. Metodika opredeleniya massy vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfernyy vozdukh avtotransportnymi sredstvami. M., 1993.
7. Metodicheskoye posobiye po raschetu vybrosov neorganizovannykh istochnikov v promyshlennosti stroitel'nykh materialov. Novosibirsk, 2000.
8. Metodika rascheta vydeleniy (vybrosov) zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu pri svarochnykh rabotakh (na osnove udel'nykh pokazateley). Spb., 1997.
9. OND-86. kontsentratsiy v atmosfernom vozdukh vrednykh veshchestv, soderzhashchikhsya v vybrosakh predpriyatiy. L. : Gidrometeoizdat, 1987.
10. Posobiye po razrabotke proektov organizatsii stroitel'stva i proektov proizvodstva rabot dlya zhilishchno-grazhdanskogo stroitel'stva (k SNiP 3.01.01—85).

© Нечаева Л.А., 2010

*Поступила в редакцию
в сентябре 2010 г.*

УДК 502.3:613.15(1—21)

А.Ю. Недре, В.Н. Азаров, И.О. Шарыгина

НОРМАТИВЫ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ДЛЯ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ

Приведены результаты сравнительной оценки качества атмосферного воздуха на территориях зеленых зон Санкт-Петербурга с учетом гигиенических нормативов и нормативов качества атмосферного воздуха, установленных для растительности. Результаты оценки показали повсеместное превышение как российских, так и европейских нормативов.

Предложен ряд принципов разработки и использования нормативов качества атмосферного воздуха для растительности в системе нормирования выбросов загрязняющих веществ.

К л ю ч е в ы е с л о в а: норматив качества атмосферного воздуха для растительности, зеленые зоны промышленных городов, нормирование выбросов загрязняющих веществ, атмосферный воздух.

The results of quality rating of common air in the territory of green fields of St. Petersburg including hygienic rating and quality standard common air established for growth are reduced. The evaluation found widespread abuse of both Russian and European standards.

The number of engineering philosophies and use of common air quality standards for growth in terms of normalization of pollutant emissions proposed.

K e y w o r d s: common air quality standard for growth, greenbelts of industrial towns, normalization of pollutant emissions, common air.

Одной из важных проблем современности является сохранение окружающей природной среды для настоящих и будущих поколений.

Согласно экологической политике Санкт-Петербурга на 2008—2012 гг., утвержденной правительством Санкт-Петербурга (№ 1662 от 25 декабря 2007 г.), охрана, содержание и восстановление зеленых насаждений города являются одними из ее приоритетных направлений [1].

По состоянию на 01.01.09. на территории Санкт-Петербурга находилось 1925 объектов зеленых насаждений общего пользования, в том числе: 215 бульваров (1003,9 га), 7 набережных (6,4 га), 59 парков (3193,8 га), 160 садов (658,9 га), 689 скверов (1027,7 га), 787 озелененных улиц (1207,2 га) и 8 объектов прочего озеленения (140,8 га).

Необходимо отметить, что зеленые насаждения, расположенные в городской черте, находятся под постоянным воздействием антропогенных факторов, в числе которых наиболее распространенным называют загрязнение воздушного бассейна (90 % респондентов), следствием чего является деградация растительного покрова (около 70 %) [2].

В 2008 г. количество сильно ослабленных деревьев в Санкт-Петербурге увеличилось на 12 % по сравнению с предыдущими годами, число здоровых уменьшилось более чем в 2 раза, а количество усыхающих деревьев возросло в полтора раза [3].

Большая чувствительность растений к низкому качеству атмосферного воздуха объясняется наличием у растений высокочувствительного фотосинтетического аппарата. Попутно, а иногда в ущерб ассимиляции двуокиси углерода, растительность поглощает из воздуха загрязняющие вещества [4]. Наиболее токсичными для растительности загрязняющими веществами яв-

ляются фтор и его газообразные соединения, хлор и хлористый водород, диоксид серы, оксиды азота, озон, аммиак, углеводороды, угарный газ, сероводород и прочие кислые газы. Данные вещества характеризуются прямым (через атмосферу) воздействием на растительные сообщества.

Установлено, что вокруг промышленных предприятий и комплексов, в том числе расположенных в промышленных городах, обычно выявляется зона поражения растительности, а также фоновая зона. Первую зону разделяют еще на ряд зон: 1) зона сильного поражения растительности, 2) зона среднего поражения растительности, 3) зона слабого поражения растительности [4]. Первая зона наблюдается вблизи особо крупных промышленных предприятий металлургического, топливно-энергетического комплекса, химической промышленности, которые, как правило, вынесены за пределы промышленных городов.

Для зеленых насаждений городов, где размещаются средние и малые по мощности предприятия, наиболее характерными являются подзоны 2 и 3. Малая (2...10 м) и средняя (10...50 м) высота труб данных предприятий приводит к тому, что содержащиеся в выбросе загрязняющие вещества циркулируют в воздушных вихрях с подветренной стороны промышленных зданий и, таким образом, обуславливают высокие концентрации загрязняющих веществ у поверхности, где расположено большинство рецепторов растений.

Подзоны 2 и 3 выделяются по степени уменьшения радиального годовичного прироста деревьев, снижения высоты деревьев, возраста и количества хвои на годовичных отрезках побегов у хвойных пород, по степени некротизации листьев и хвои и другим признакам.

Наличие и размеры зон повреждений зеленых насаждений зависят от мощности выбросов, климатических условий, направления господствующих ветров, рельефа местности.

Ухудшение экологической обстановки во многих российских городах вызывает необходимость пересмотра концепции нормирования выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и разработки новых нормативов качества природной среды, включая нормативы качества атмосферного воздуха для растительности.

Действующая система нормируемых показателей в области охраны атмосферного воздуха носит чисто гигиенический характер и не ориентирует систему воздухоохранной деятельности на защиту объектов окружающей среды. Вместе с тем установлено, что реакция растительных сообществ на загрязнение атмосферного воздуха происходит при концентрациях ниже действующих гигиенических нормативов.

Впервые в российской природоохранной практике необходимость применения экологических нормативов качества атмосферного воздуха возникла с целью предотвращения гибели деревьев в музее-усадьбе «Ясная Поляна» и пересмотра нормативов ПДВ предприятий Щекинского-Тульского региона. В 1984 г. были разработаны и согласованы «Временные нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, оказывающих вредное воздействие на лесные насаждения в районе музея-усадьбы Ясная Поляна» [5] для 13 загрязняющих веществ, в том числе диоксида азота, диоксида серы, фторидов газообразных, хлора, взвешенных веществ, аммиака и т.д.

Для территории Братского района Иркутской области в 1995 г. Минприроды России и Федеральная служба лесного хозяйства Российской Федерации утвердили предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе зон произрастания лесообразующих древесных пород [6]. ПДК разработаны для двух типов растительности (хвойных и древесных пород деревьев) для трех загрязняющих веществ: диоксида азота, диоксида серы и фторидов газообразных.

Перечисленные выше нормативы были разработаны на основе гигиенического подхода, когда ПДК определяется за 20...30-минутный интервал времени (максимальная разовая концентрация), а также при непрерывном отборе в течение 24 ч или с равными интервалами между отборами не менее 4 раз в сутки (среднесуточная концентрация).

Вышеперечисленные нормативы качества атмосферного воздуха для растительности прекрасно вписываются в действующую в нашей стране систему нормирования. Инструментом для их использования является общесоюзный нормативный документ (ОНД-86) [7], с использованием которого рассчитываются нормативы предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ для предприятий. Нормирование выбросов загрязняющих веществ производится с учетом только гигиенических критериев качества атмосферного воздуха населенных мест, для которых Минздравом установлены соответствующие нормативы. Количество вредных веществ, для которых разработаны такие критерии, уже приближается к двум тысячам, и продолжают разработки для других веществ. Однако это не приводит к значительному улучшению качества окружающей среды, в т.ч. состояния зеленых насаждений в городах.

Разработанные нормативы концентраций загрязняющих веществ для растительности, основанные на максимальных разовых и среднесуточных концентрациях загрязняющих веществ, являются признанными, но не отражают в полной мере специфику влияния химических загрязнителей на растительные сообщества.

Наиболее характерными с точки зрения длительного воздействия на растительность являются среднегодовые концентрации загрязняющих веществ.

Даже при невысоком уровне загрязнения негативное влияние на растительность не только поддерживается, но и усиливается. Действуя постепенно и не оказывая заметного влияния на состояние растительности, загрязняющие вещества имеют способность накапливаться, при этом наблюдается хроническое повреждение, которое сопровождается ухудшением роста, снижением таксационных показателей древостоев и повышенным опадом деревьев. Поэтому длительное действие промышленных выбросов является одной из основных причин ослабления и усыхания зеленых насаждений в городах.

Опыт использования в расчетах среднегодовых концентраций накоплен в странах Европейского союза. В большинстве зарубежных стран в настоящее время разработано и действует природоохранное законодательство, включающее установление стандартов качества атмосферного воздуха как для человека, так и для окружающей среды.

Директивой 2008/50/ЕС Европейского парламента и Совета от 21 мая 2008 г. о качестве атмосферного воздуха и чистом воздухе для Европы [8] установлены предельные значения среднегодовых концентраций для раститель-

ности, которые наиболее характерны с точки зрения длительного воздействия, на уровне $0,02 \text{ мг/м}^3$ для диоксида серы и $0,03 \text{ мг/м}^3$ для диоксида азота.

Данные нормативы разработаны на основе экспериментальных и многолетних полевых наблюдений за состоянием растительности под действием промышленного загрязнения атмосферного воздуха с учетом физико-географических, экологических условий и состава растительности различных природных территорий Европы (от тундровой зоны до зоны субтропиков). При установлении данных критических уровней были проведены исследования на таких типах растительности, как лишайники, высшая древесная и хвойная растительность разных пород, травянистая растительность и сельскохозяйственные культуры.

До разработки нормативов качества атмосферного воздуха для растительности, произрастающей на территории Российской Федерации, считаем целесообразным утвердить и использовать установленные европейские критические уровни для растительности при определении предельно допустимых для предприятий нормативов загрязняющих выбросов, влияющих на качество атмосферного воздуха зеленых зон промышленных городов.

Применение среднегодовых пороговых концентраций в атмосферном воздухе для растительности в системе нормирования выбросов Российской Федерации возможно с согласованием в установленном порядке «Методики расчета осредненных за длительный период концентраций выбрасываемых в атмосферу вредных веществ», разработанной ГГО им. А.И. Воейкова и прошедшей апробацию в НИИ «Атмосфера» [9].

Контроль среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе должен выполняться в соответствии с ГОСТ 17.2.3.01—86 [10].

Анализ состояния атмосферного воздуха по данным постов автоматизированной системы мониторинга (АСМ) [3], вблизи которых расположены зеленые зоны Санкт-Петербурга, показал практически повсеместное превышение как российских, так и европейских нормативов качества атмосферного воздуха, установленных для растительности.

В табл. 1 приведена сравнительная оценка качества атмосферного воздуха для диоксида азота, диоксида серы и взвешенных веществ на территориях зеленых зон Санкт-Петербурга с учетом гигиенических и экологических нормативов. В качестве экологических нормативов были приняты ПДК загрязняющих веществ для лесных насаждений музея-усадьбы «Ясная Поляна» [5].

Т а б л и ц а 1

Сравнительная оценка качества атмосферного воздуха (АВ) на территориях зеленых зон Санкт-Петербурга с учетом гигиенических (ГН) и экологических (ЭН) нормативов качества атмосферного воздуха

№ станции	Адрес станции	Ближайшая к станции зеленая зона	Уровень загрязнения АВ, ПДКс.с, с учетом	
			ГН	ЭН
Диоксид азота				
1	ул. проф. Попова, 48	Ботанический сад	1,1	2,2
3	ул. Карбышева, 7	парк Лесотехнической академии	1,9	3,8
6	В.О., Вёсельная ул., д. 6	Опочининский парк	1,1	2,2
7	ул. Шпалерная, д. 56	Таврический парк	1	2,0
10	Московский пр., 19	Польский парк, Измайловский парк	1,1	2,2

Окончание табл. 1

№ станции	Адрес станции	Ближайшая к станции зеленая зона	Уровень загрязнения АВ, ПДКс.с, с учетом	
			ГН	ЭН
12	ул. Пестеля, д. 1	Летний сад	1,6	3,2
16	ул. Севастьянова, д. 11	Московский парк Победы	1,1	2,2
Диоксид серы				
1	ул. профессора Попова, 48	Лопухинский и Ботанический сады	0,4	1,3
6	В.О., Вёсельная ул., д. 6	Опочининский парк	0,3	1,0
10	Московский пр., 19	Польский парк, Измайловский парк	0,3	1,0
13	шоссе Революции, д. 84	Полуостровский парк (бывший парк имени 50-летия Октября)	0,3	1,0
16	ул. Севастьянова, д. 11	Московский парк Победы	0,3	1,0
Взвешенные вещества				
1	ул. проф. Попова, 48	Ботанический сад	0,4	1,2
4	Малоохтинский пр., 98	Заневский парк	0,6	1,8
6	В.О., Вёсельная ул., д. 6	Опочининский парк	0,3	0,9

Данные по среднегодовому загрязнению атмосферного воздуха по диоксиду азота и диоксиду серы в центральных районах Санкт-Петербурга [3], где расположено большое количество зеленых зон города, показывают устойчивое превышение европейских нормативов качества атмосферного воздуха для растительности (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Среднегодовое загрязнение атмосферного воздуха (АВ) в центральных районах Санкт-Петербурга с учетом европейских нормативов качества АВ для растительности

Год	Уровень загрязнения атмосферного воздуха, ПДК с.г.	
	Диоксид азота	Диоксид серы
2001	0,9	0,5
2002	1,2	0,8
2003	1,5	0,8
2004	1,7	0,8
2005	1,6	0,8
2006	1,9	1,0
2007	1,7	1,0

На протяжении последнего ряда лет авторы занимаются вопросами дополнения сложившейся в стране системы нормирования выбросов загрязняющих веществ использованием нормативов качества атмосферного воздуха для растительности.

В основу концепции разработки и применения нормативов качества атмосферного воздуха для растительности положен ряд принципов:

1) для растительности, произрастающей на территории промышленных городов РФ, могут быть введены федеральные экологические нормативы качества атмосферного воздуха;

2) с учетом разнообразия физико-географических условий, ландшафтных и климатических особенностей территорий РФ для зеленых насаждений отдельных субъектов РФ могут быть разработаны и введены региональные экологические нормативы качества атмосферного воздуха;

3) региональные экологические нормативы качества атмосферного воздуха разрабатываются в случае, если значения федеральных экологических нормативов не обеспечивают оптимальные условия для сохранения зеленых насаждений промышленных городов по причине природных особенностей территорий. При этом численные значения нормативов качества атмосферного воздуха для растительности, разработанные для отдельных субъектов РФ, не могут быть выше значений нормативов, установленных на федеральном уровне;

4) нормативы качества атмосферного воздуха, установленные для растительности, должны быть использованы при определении ПДВ, разработке проектов строительства и реконструкции предприятий и сооружений, влияющих на качество атмосферного воздуха зеленых зон промышленных городов, разработке градостроительных планов и т.п.;

5) для внедрения нормативов качества атмосферного воздуха, установленных для растительности, в систему нормирования выбросов необходимо ввести ряд нормативно-методических документов:

согласовать в установленном порядке «Методику расчета осредненных за длительный период концентраций выбрасываемых в атмосферу вредных веществ», разработанную ГГО им. А.И. Воейкова;

разработать и согласовать «Порядок установления нормативов выбросов с учетом экологических нормативов качества атмосферного воздуха».

Введение нормативов качества атмосферного воздуха для растительности в систему нормирования выбросов является актуальной и необходимой мерой, которая позволит не только обеспечить оптимальные условия для сохранения зеленых насаждений промышленных городов, но и решить проблемы поддержания экологического равновесия и устойчивого развития территорий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Экологическая политика Санкт-Петербурга на 2008—2012 годы. СПб, 2007.
2. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2008 году. М., 2009.
3. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2007 году. СПб., 2008.
4. Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. Пушкино, 2002.
5. Временные нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, оказывающих вредное воздействие на лесные насаждения в районе музея-усадьбы «Ясная поляна». М., 1984.
6. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе зон произрастания лесообразующих древесных пород. М., 1995.
7. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий. Л. : Гидрометеиздат, 1987.
8. Директива 2008/50/ЕС Европейского парламента и Совета от 21 мая 2008 года о качестве атмосферного воздуха и чистом воздухе для Европы.
9. Методика расчета осредненных за длительный период концентраций выбрасываемых в атмосферу вредных веществ. Дополнение к ОНД-86. СПб., 2002.

10. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.

1. Ekologicheskaya politika Sankt-Peterburga na 2008—2012 gody. Spb., 2007.
2. Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoy Federatsii v 2008 godu. M., 2009.
3. Okhrana okruzhayushchey sredy, prirodopol'zovaniye i obespecheniye ekologicheskoy bezopasnosti v Sankt-Peterburge v 2007 godu. Spb., 2008.
4. Nikolayevskiy V.S. Ekologicheskaya otsenka zagryazneniya sredy i sostoyaniya nazemnykh ekosistem metodami fitoindikatsii. Pushkino, 2002.
5. Vremennyye normativy predel'no dopustimyykh kontsentratsiy zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfernom vozdukh, okazyvayushchikh vrednoye vozdeystviye na lesnyye nasazhdeniya v rayone muzeya-usad'by "Yasnaya Polyana". M., 1984.
6. Predel'no dopustimyye kontsentratsii zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfernom vozdukh zon proizrastaniya lesoobrazuyushchikh drevesnykh porod. M., 1995.
7. OND-86. Metodika rascheta kontsentratsiy v atmosfernom vozdukh vrednykh veshchestv, soderzhashchikhsya v vybrosakh predpriyatiy. L. : Gidrometeoizdat, 1987.
8. Direktiva 2008/50/ES Evropeyskogo parlamenta i Soveta ot 21 maya 2008 goda o kachestve atmosfernogo vozdukh i chistom vozdukh dlya Evropy.
9. Metodika rascheta osrednyonnykh za dlitel'nyy period kontsentratsiy vybrasyvayemykh v atmosferu vrednykh veshchestv. Dopolneniye k OND-86. Spb., 2002.
10. GOST 17.2.3.01—86. Okhrana prirody. Atmosfera. Pravila kontrolya kachestva vozdukh naselyonnykh punktov.

© Недре А.Ю., Азаров В.Н., Шарыгина И.О., 2010

Поступила в редакцию
в сентябре 2010 г.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

УДК 625.712.14

Ю.С. Калашникова

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА

Предложена методика рейтинговой оценки функционирования транспортной системы в существующей застройке города с точки зрения соответствия требованиям комфортности потребителя. Введено понятие индекса комфортности, основанного на локальных рейтинговых показателях; определены пределы их изменения. Предложена наглядная шкала соответствия транспортной системы города требованиям обеспечения качества жизни.

К л ю ч е в ы е с л о в а: транспортная система, городская застройка, качество жизни, рейтинговая оценка, индекс комфортности.

Methods of the functioning rating score of the transport system in an existing building of the city in terms of the consumer comfort adequacy offered. The concept of comfort index based on local ratings figures introduced and defined the limits of their variation. The visual scale corresponds to the transport system of the city needs of the life quality maintenance offered.

K e y w o r d s: transport system, urban development, quality of life, rating score, index of comfort.

Определение социальных стандартов качества жизни в современном городе является одним из приоритетных направлений социальной политики. Попыткой дать количественную оценку показателю качества жизни или обозначить границы этого понятия обуславливается большое количество публикаций в периодических изданиях, социологических опросов и научных исследований на данную тему. Понятие качества жизни согласно [1] субъективно, что размывает его границы применительно к городской среде, так как каждая социальная или возрастная группа диктует различные, зачастую диаметрально противоположные требования к среде проживания. Однако применительно к городской транспортной системе (т.е. совокупности путей, средств сообщения и участников движения) требования большинства потребителей совпадают. И для автомобилиста, и для пешехода одинаково актуальны безопасные? наикратчайшие и наибо́льшие сообщения по транспортной сети. Поэтому можно предположить, что обеспечение города транспортной системой, отвечающей требованиям безопасности, простоты ориентирования и скорости сообщений способно значительно повысить субъективную оценку качества жизни индивидуумом [2].

Оценить насколько транспортная система в существующем населенном пункте отличается от оптимальной транспортной системы на первый взгляд достаточно сложно. Но, если представить транспортную систему как совокупность неких элементов [3], а в качестве таких элементов принять экологичность, комфортность, безопасность и экономическую эффективность системы — факторы, обеспечивающие восприятие комфортности, то можно провести оценку соответствия каждого элемента согласно неким численным показателям. Каждый из элементов транспортной системы возможно оценить по критерию численного или качественного соответствия либо требованиям удобства, либо нормативной документации. Все элементы характеризуются несколькими показателями, поэтому по критерию соответствия оценивается каждый из них. Суммарная оценка показателей даст оценку элемента, а суммарная оценка всех элементов покажет общую оценку функционирования транспортной системы. Сравнение полученной общей оценки с максимальной оценкой оптимальной транспортной системы дает конкретный численный результат, по которому можно судить о необходимости оптимизационных мероприятий в том или ином элементе существующей транспортной системы.

Однако наличие нескольких элементов (доступность, экологичность, безопасность, прогнозируемые потери) и изрядное количество показателей, характеризующих каждый элемент, требуют упорядочения подсчета. С этой целью предлагается введение некоторой методики, названной автором исследования методикой рейтинговой оценки функционирования транспортной системы в существующей застройке города.

Пусть для некоторого элемента транспортной системы Q имеется некоторое количество показателей для оценки общим числом k . Показатели, обозначаемые как q_i можно оценить по трехбалльной шкале, то есть «0» обозначает наихудший, «1» — удовлетворительный, а «2» — наилучший результат. Тогда общая оценка градостроительного образования по показателям элемента Q составит

$$Q = \sum_{i=1}^k q_i. \quad (1)$$

В том случае, если бы все показатели q_i имели наилучшую оценку, то общая оценка составляла бы $Q_{\max}$. Тогда относительную оценку градостроительного образования по показателям элемента Q можно выразить следующим образом:

$$R_Q = \frac{Q}{Q_{\max}}. \quad (2)$$

Назовем эту величину локальным рейтинговым показателем элемента Q . Численное значение этого показателя находится в интервале $0 \leq R_Q \leq 1$.

Так же согласно (1), (2) возможно получить локальные рейтинговые показатели для других элементов транспортной системы в градостроительном образовании. Если элементы обозначить как U , V и W , то локальные рейтинговые показатели будут соответственно обозначены как R_U , R_V и R_W . Тогда суммарный показатель для всех элементов системы назовем индексом комфортности

$$R_R = \sum_i R_i; i = Q, U, V, W. \quad (3)$$

Результат, полученный в (3), является суммой относительных величин. Такая оценка индекса находится в интервале $0 \leq R_R \leq 4$ и не будет являться наглядным показателем величины. С точки зрения адекватности психологического восприятия рациональнее выглядит оценка по уже использованной ранее трехбалльной шкале. Для того чтобы оценить R_R по трехбалльной шкале, введем понятие итоговой пофакторной оценки F . Для этого вычислим отношение полученного индекса комфортности к максимальному показателю этого индекса:

$$F = \frac{R_R}{R_R^{\max}}. \quad (4)$$

в этом случае итоговая пофакторная оценка F может составлять $0 \leq F \leq 1$, так как $R_R^{\max} = 4$.

Тогда по трехбалльной шкале функционирование транспортной системы можно оценивать следующим образом:

при $F \leq 0,25$ — неудовлетворительное, т.е. «0»;

$0,26 \leq F \leq 0,75$ — удовлетворительное, т.е. «1»;

$F \geq 0,76$ — хорошее, т.е. «2».

Полученное значение покажет, насколько хорошо, в сравнении с оптимальной, функционирует транспортная система в исследуемом городе или фрагменте существующей застройки (в качестве объекта можно также принимать некую планировочную или административную единицу). Поскольку в процессе оценки проверяются на соответствие основополагающие критерии транспортной системы: безопасность, воздействие на городскую среду, доступность, материальные потери, — то данную методику комплексной оценки целесообразно применять при составлении стратегий оптимизации существующей городской застройки. Кроме того, предложенный метод можно использовать при оценке перспективного воздействия на транспортную систему города объектов точечной застройки в уже сложившихся кварталах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Творогова Н.Д. Клиническая психология : словарь. М. : ПЕР СЭ, 2007. 416 с.
2. Овчинников И.Г., Калашникова Ю.С. Об улучшении качества жизни в современном городе // Социально-экономические и технологические проблемы развития строительного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства региона : матер. Всерос. науч.-техн. конф., г. Волгоград — г. Михайловка, 2009. Волгоград, 2009. С. 56—59.
3. Zubkov G.N. Primeneniye modeley i metodov strukturnogo analiza sistem v gradostroitel'stve. M. : Stroyizdat, 1984. 149 s.
1. Tvorogova N.D. Klinicheskaya psikhologiya. M. : PER SE, 2007. 416 s.
2. Ovchinnikov I.G., Kalashnikova Yu.S. Ob uluchshenii kachestva zhizni v sovremennom gorode // Sotsial'no-ekonomicheskiye i tekhnologicheskkiye problemy razvitiya stroitel'nogo kompleksa i zhilishchno-kommunal'nogo hozyaystva regiona : mat. Vseros. nauch.-tekhn. konf., g. Volgograd — g. Mixaylovka, 2009. S. 56—59.
3. Zubkov G.N. Primeneniye modeley i metodov strukturnogo analiza system v gradostroitel'stve. M. : Stroyizdat, 1984. 149 s.

© Калашникова Ю.С., 2010

Поступила в редакцию в ноябре 2010 г.

НАШИ АВТОРЫ

Агеева Ксения Андреевна
Ageyeva Kseniya Andreyevna

архитектор, ООО «НИИПИ «Росстройпроект», 400087, Волгоград, Двинская, 15, 8-927-500-02-66, ageev86@mail.ru.
Architector, LLC "SRaDI "Rosstroyproekt", 15, Dvinskaya St., Volgograd, Russia, 400087

Азаров Валерий Николаевич
Azarov Valerij Nikolaevich

заслуженный эколог РФ, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой безопасности жизнедеятельности в техносфере, ВолгГАСУ, (8442) 25-10-38, 25-10-39, 96-99-07, ptb2006@mail.ru.

Акчури Талгат Кадимович
Akchurin Talgat Kadimovich

Deserved Ecologist of the Russian Federation, Doctor of Engineering Science, professor, Department Chairman of safety of living in technosphere, VSUACE канд. техн. наук, проф., зав кафедрой строительных материалов и специальных технологий, ВолгГАСУ, (8442) 96-99-57, info@vgasu.ru.

Антофеев Алексей Владимирович
Antyufeyev Aleksey Vladimirovich

Candidate of Science (Engineering), professor, academician IAICE, Department Chairman of building materials and special processes, VSUACE

канд. архит., проф., чл.-кор. Российской академии архитектуры и строительных наук, зав. кафедрой градостроительства, ВолгГАСУ, (8442) 96-98-10, rosstroyproekt@mail.ru.

Candidate of Science (Architecture), professor, corresponding Member of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Department Chairman of Urban Development, VSUACE

Ахматов Мусса Ахматович
Akhatov Mussa Akhatovich

д-р техн. наук, проф. кафедры, Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия им. В.М. Кокова, 360030, г. Нальчик, пр. Ленина, 1, в, prof-ahmatow@mail.ru.

Doctor of Engineering Science, professor, Kabardin-Balkar State Agricultural Academy named after V.M. Kokov, 1v, Lenin Pr., Nalchik, Russia, 360030

доц. кафедры отопления, вентиляции, экологической и пожарной безопасности, ВолгГАСУ, (8442) 96-98-19; info@vgasu.ru.

Беломутенко Светлана Владимировна
Belomutenko Svetlana Vladimirovna

Assistant professor of heating, ventilation, ecological and fire security, VSUACE

Богомолов Александр Николаевич
Bogomolov Aleksandr Nikolayevich

д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой гидротехнических и земляных сооружений, проректор по научной работе ВолгГАСУ, (8442) 96-99-54, boazaritcyn@mail.ru.

Doctor of Engineering Science, professor, Department Chairman of hydraulic and earthwork structures, Vice-Rector for Scientific Research, VolGASU

Богомолова Оксана Александровна
Bogomolova Oksana Aleksandrovna

канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной математики и вычислительной техники, ВолгГАСУ, (8442) 96-99-45, boazaritcyn@mail.ru.

Candidate of Science (Engineering), assistant professor of application mathematics and computer science, VSUACE

Бойков Алексей Геральдович
Boykov Aleksei Geraldovich

канд. техн. наук, доц., доц. кафедры теплогоснабжения, ВолгГАСУ, (8442) 97-06-84, bag@fromru.com.

Candidate of Science (Engineering), assistant professor of supply of heat and gas, VSUACE

Габиров Фахраддин Гасан оглы
Gabibov Fakhraddin Gasan ogy

канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, зав. лабораторией оснований, фундаментов и механики грунтов, Азербайджанский НИИ строительства и архитектуры, (99450) 323-36-65, farchad@yandex.ru.

Candidate of Science (Engineering), senior research fellow, laboratory chief of bases, foundations and soil engineering, Azerbaijan University of Architecture and Construction

Гаврилюк Сергей Михайлович
Gavrilyuk Sergej Mikhailovich

аспирант, ассистент кафедры природообустройства, Новочеркасская государственная мелиоративная академия, 8-918-57-51-025, sergoi0585@mail.ru.

Post-graduate student, assistant department of environmental engineering. Novocherkassk State Land Reclamation Academy

Годин Михаил Александрович
Godin Mikhail Aleksandrovich

аспирант кафедры гидротехнических сооружений, Новочеркасская государственная мелиоративная академия, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасс, ул. Пушкинская 111, тел. 8(86352)4-37-93.

Post-graduate student of hydraulic engineering work, Novocherkassk State Land Reclamation Academy, 111, Pushkinskaya St., Novocherkassk, Rostov region, Russia

Голубева Светлана Ивановна
Golubeva Svetlana Ivanovna

канд. техн. наук, доц. кафедры отопления, вентиляции, экологической и пожарной безопасности, ВолгГАСУ, (8442) 96-98-19, info@vgasu.ru.

Candidate of Science (Engineering), assistant professor of heating, ventilation, ecological and fire security, VSUACE

Груздев Анатолий Александрович
Gruzdev Anatolij Aleksandrovich

аспирант кафедры строительных материалов и специальных технологий, ВолгГАСУ, ассистент кафедры строительно-дорожных машин, Волжский институт строительства и технологий (филиал) ВолгГАСУ, (8442) 96-98-98, info@vgasu.ru.

Post-graduate student of Construction machinery, Volzhsky Construction and Design Institute (branch) VSUACE

Двинянина Ольга Викторовна
Dvinyanina Olga Viktorovna

заместитель начальника отдела методических основ нормирования и установления технических нормативов выбросов, ОАО "НИИ охраны атмосферного воздуха", (812) 297-8658, +79217844629, info@nii-atmosphere.ru, ООО140464@ya.ru.

Assistant chief of section of methodological bases of normalization and the establishment of standards of emissions, JSC "Scientific Research Institute for Atmospheric Air Protection"

Диденко Василий Григорьевич
Didenko Vasilij Grigorevich

д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой отопления, вентиляции, экологической и пожарной безопасности, ВолгГАСУ, (8442) 96-98-19; info@vgasu.ru.

Doctor of Engineering Science, professor, Department Chairman of heating, ventilation, ecological and fire security, VSUACE

Евтушенко Сергей Иванович Evtushenko Sergej Ivanovich	канд. техн. наук, проф., зав. кафедрой сопротивления материалов, строительной и прикладной механики, Южно-Российский государственный технический университет (НПИ), 89289017069, evtushenko_s@novoch.ru. Candidate of Science (Engineering), professor, Department Chairman of mechanics of materials, construction and applied mechanics, South-Russia State Technical University (NPI)
Заднепровский Рэм Петрович Zadneprovskij Rem Petrovich	д-р техн. наук, проф., проф. кафедры нефтегазовых сооружений, ВолгГАСУ, (8442)96-99-22, info@vgasu.ru. Doctor of Engineering Science, professor of oil-and-gas installations, VSUACE
Захаров Геннадий Александрович Zakharov Gennadij Aleksandrovich	канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, Дальневосточный государственный технический университет им. В.В. Куйбышева, 8-902-5565132, Tsygankova_K@mail.ru. Candidate of Science (Engineering), assistant professor of warm and gas feed and ventilation, Far Eastern National Technical University
Иржаков Александр Сергеевич Irzhakov Aleksandr Sergeevich	аспирант кафедры изысканий и проектирования транспортных сооружений, ВолгГАСУ, (8442) 96-98-74, sander1985@yandex.ru. Post-graduate student of examination and designing transport works, VSUACE
Кагайкин Илья Александрович Kagaykin Ilya Aleksandrovich	архитектор, ООО «НИИПИ «Росстройпроект», 400087, Волгоград, Двинская, 15, 8-917-722-13-70. Architector, LLC "SRaDI Rosstroyproekt", 15, Dvinskaya St., Volgograd, Russia, 400087
Калашникова Юлия Сергеевна Kalashnikova Julia Sergeevna	старший преподаватель кафедры экспертизы и управления недвижимостью, ВолгГАСУ, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, (8442) 96-99-28, severus2@yandex.ru. Senior lecturer of review and property management, VSUACE, 1, Akademicheskaya St., Volgograd, Russia, 400074
Карпенко Анатолий Николаевич Karpenko Anatolij Nikolayevich	генеральный директор, ООО «Волгоградские энергосберегающие технологии», 8-902-282-43-83. General director, LLS "Volgograd energy conservation methods"
Качурин Яков Владимирович Kachurin Yakov Vladimirovich	аспирант кафедры гидротехнических и земляных сооружений ВолгГАСУ, (8442) 96-98-87, info@vgasu.ru. Post-graduate student of hydraulic and earthwork structures, VSUACE
Кашарин Денис Владимирович Kasharin Denis Vladimirovich	канд. техн. наук, профессор кафедры гидравлики и инженерной гидрологии, Новочеркасская государственная мелиоративная академия, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасс, ул. Пушкинская 111, тел. 8(86352)4-37-93. Candidate of Science (Engineering), professor of hydraulics and engineering hydrology, NovoCherkassk State Land Reclamation Academy, 111, Pushkinskaya St., NovoCherkassk, Rostov region, Russia
Кузнецова Наталья Сергеевна Kuznetsova Natalya Sergeevna	канд. техн. наук, начальник отдела оценки условий труда и обращения с отходами, ООО «ПТБ ПСО Волгоградгражданстрой», (8442) 25-10-38, 25-10-39, 8-927-252-78-50, ptb2006@mail.ru. Candidate of Science (Engineering), director of Evaluation working condition and waste disposal LLC "PTB PSO Volgogradgrazhdanstroj"
Лихов Сослан Русланович Likhov Soslan Ruslanovich	аспирант кафедры строительных конструкций сооружений, Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия им. В.М. Кокова; 360030, г. Нальчик, пр. Ленина, 1, в, prof-ahmatow@mail.ru. Post-graduate student of building structure of construction, Kabardin-Balkar State Agricultural Academy named after V.M. Kokov, 1v, Lenin Pr., Nalchik, Russia, 360030
Лобанова Елена Тимофеевна Lobanova Elena Timofeyevna	старший преподаватель кафедры нефтяных сооружений, ВолгГАСУ, (8442)96-98-80; info@vgasu.ru. Senior professor of oil installations, VSUACE
Луговая Валентина Алексеевна Lugovaya Valentina Alekseevna	канд. техн. наук, доц. кафедры нефтяных сооружений, ВолгГАСУ, (8442) 96-98-80; info@vgasu.ru. Candidate of Science (Engineering), assistant professor of oil installations, VSUACE
Масляев Александр Викторович Maslyayev Aleksandr Viktorovich	канд. техн. наук, научно-исследовательская сейсмологическая лаборатория, ВолгГАСУ, (8442) 97-49-64, maslaev@mail.ru, victor3705@mail.ru. Candidate of Science (Engineering), seismological laboratory, VSUACE
Масюкова Любовь Васильевна Masjukova Lyubov Vasilevna	вице-президент, Волгоградская торгово-промышленная палата, эксперт по сертификации работ по охране труда в организациях, специалист в области аттестации рабочих мест по условиям труда, внутренний аудитор систем менеджмента качества, 8-905-334-97-33, liubov@pochta.ru. Vice-President, The Volgograd Chamber of Commerce and Industry, expert on the certification of work safety in organizations, expert in the range of assessment of workplaces with respect to working conditions, internal auditor of quality management system
Мукосеев Борис Иннокентьевич Mukoseyev Boris Innokentevich	канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотрудник, Дальневосточное отделение Российской академии наук, 8-914-9616292, Tsygankova_K@mail.ru. Candidate of Science (Physics and Mathematics), senior research fellow, Far East Branch of the Russian Academy of Science
Муравьева Людмила Викторовна Muravyova Lyudmila Viktorovna	канд. техн. наук, доц. кафедры строительных конструкций, оснований и надежности сооружений, ВолгГАСУ, (8442) 96-98-30, rfludmia@yandex.ru. Candidate of Science (Engineering), assistant professor of building construction, grounds and security structures, VSUACE
Мягкая Таисия Михайловна Myagkaya Taisiya Mikhailovna	канд. техн. наук, доц. кафедры водоснабжения и водоотведения, ВолгГАСУ, (8442) 96-99-13, info@vgasu.ru. Candidate of Science (Engineering), assistant professor of water supply and disposal, VSUACE
Недре Андрей Юрьевич Nedre Andrei Yurevich	канд. техн. наук, генеральный директор, ОАО "НИИ охраны атмосферного воздуха", (812) 297-8662, info@nii-atmosphere.ru. Candidate of Science (Engineering), Director General, JSC "Scientific Research Institute for Atmospheric Air Protection"

Нечаева Лариса Андреевна Nechaeva Larisa Andreyevna	руководитель проектного отдела, ООО "Экологические услуги", 192289, Санкт-Петербург, ул. Софийская, 76, larisanech@gmail.ru. Chief of project department, LLC "Environmental services" ("Ekologicheskiye uslugi"), 76, Sofiiskaya St., St. Petersburg, Russia, 192289
Орешкин Владимир Дмитриевич Oreshkin Vladimir Dmitriyevich	д-р техн. наук, проф. Doctor of Engineering Science, professor
Остриков Александр Сергеевич Ostrikov Aleksandr Sergezevich	аспирант кафедры отопления, вентиляции, экологической и пожарной безопасности, ВолгГАСУ, (8442) 96-98-19; info@vgasu.ru. Post-graduate student of heating, ventilation, ecological and fire security, VSUACE
Пихур Виталий Николаевич Pikhur Vitalii Nikolaevich	инженер, аспирант, Южно-Российский государственный технический университет (НПИ), 8 918 5980921, V-pihur@ya.ru. Engineer, Ph.D. student, South-Russia State Technical University (NPI)
Пономарева Наталия Сергеевна Ponomarewa Nataliya Sergeyevna	ассистент кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере, ВолгГАСУ, 8-927-501-00-81, pns15@yandex.ru. Assistant of safety of living in technosphere, VSUACE
Прокофьев Павел Сергеевич Prokofev Pavel Sergeyevich	аспирант, ВолгГАСУ, ведущий инженер ООО «НИЦ Инвент», 8-961-085-42-48, ps.prokofiev@gmail.com. Post-graduate student, VSUACE, principal engineer of ООО LLC "Research center INVENT"
Пустовалов Евгений Владимирович Pustovalov Yevgenii Vladimirovich	ассистент кафедры водоснабжения и водоотведения, ВолгГАСУ, 96-99-13, info@vgasu.ru. Assistant of water supply and disposal, VSUACE
Пушкарская Анна Андреевна Pushkarskaya Anna Andreevna	аспирант кафедры строительных материалов и специальных технологий, ВолгГАСУ, (8442) 96-99-57, info@vgasu.ru. Post-graduate student, Department of building materials and special processes, VSUACE
Пушкарская Ольга Юрьевна Pushkarskaya Olga Yurevna	канд. техн. наук, доц. кафедры технологии обработки и производства материалов, Волжский институт строительства и технологий (филиал) ВолгГАСУ, (8442) 96-99-57, info@vgasu.ru. Candidate of Science (Engineering), assistant professor of tooling method and production materials, Volzhsky Construction and Design Institute (branch) VSUACE
Саламов Аваз Махмуд оглы Salamov Avaz Makhmud ogly	ведущий научный сотрудник геодинамики и сейсмологии, Институт геологии НАН Азербайджана, avazsalamov@yandex.ru. Leading researcher of geodynamics and seismology, institute of geology of National Academy of sciences of Azerbaijan
Сапожкова Наталья Васильевна Sapozhkova Nataya Vasilevna	ст. преподаватель кафедры строительства и эксплуатации транспортных систем, ВолгГАСУ, 8-909-380-13-01, sapozhkovav@rambler.ru. Senior lecturer of construction and operation of transport systems, VSUACE
Сафина Альбина Гаптельнуровна Safina Albina Gaptelnurovna	главный специалист, автономное учреждение Республики Марий Эл «Управление государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий», 89027451533, albinasafina@mail.ru. Chief technician, autonomous institution of Mari El Republic "Execution of State Expert Conclusion of Design Documentation and Engineering Survey Results"
Соловьев Александр Владимирович Solovev Aleksandr Vladimirovich	аспирант кафедры гидротехнических и земляных сооружений, ВолгГАСУ, 8-8442-96-98-87, info@vgasu.ru. Post-graduate student of hydraulic and earthwork structures, VSUACE
Старов Александр Васильевич Starov Aleksandr Vasilevich	канд. техн. наук, доц., доц. кафедры строительной механики, ВолгГАСУ, 8-(8442)-96-98-17, info@vgasu.ru. Candidate of Science (Engineering), assistant professor of analysis of structures, VSUACE
Стефаненко Игорь Владимирович Stefanenko Igor Vladimirovich	канд. техн. наук, доц. кафедры строительных материалов и специальных технологий ВолгГАСУ, ген. директор, ООО «Лукойл-Волгоградэнерго», (8442) 25-28-59, stefanenkoiv@gc-v.ru. Candidate of Science (Engineering), assistant professor of building materials and special processes, VSUACE, general director of LLS "Lukoil-Volgogradenergo"
Тарабанов Михаил Григорьевич Tarabanov Mikhail Grigorevich	канд. техн. наук, доц. вице-президент «АВОК», директор ООО «НИЦ Инвент», 8-903-327-24-09, m.tarabanov@mail.ru. Candidate of Science (Engineering), assistant professor, vice president "AVOK", director of LLC "Research center INVENT"
Трохимчук Марина Викторовна Trokhimchuk Marina Viktorovna	канд. техн. наук, доц., кафедра нефтегазовых сооружений, ВолгГАСУ, (8442)96-99-22, info@vgasu.ru, Волгоградский колледж газа и нефти. Candidate of Science (Engineering), assistant professor, oil-and-gas constructions, VSUACE, Volgograd college of oil and gas
Усадский Денис Геннадиевич Usadskij Denis Gennadiyevich	аспирант ВолгГАСУ, инженер ОАО «Волгоградоблгаз», 8-919-547-50-98, obmol@bk.ru. Post-graduate student, VSUACE, engineer, JSC "Volgogradoblgaz"
Ушаков Андрей Николаевич Ushakov Andrej Nikolayevich	канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной математики Волжского филиала Волгоградского государственного университета, info@vgasu.ru (для А.Н. Богомолова). Candidate of Science (Engineering), assistant professor, Volzhsky branch of Volgograd State University
Фокин Владимир Михайлович Fokin Vladimir Mihailovich	д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой энергоснабжения и теплотехники, ВолгГАСУ, (8442) 96-98-86, info@vgasu.ru. Doctor of Engineering Science, professor, Department Chairman of utility power and combusting engineering, VSUACE
Худадян Кристина Артуровна Khudadyan Kristina Arturovna	студентка ф-та водоснабжения и водоотведения, ВолгГАСУ, (8442)96-99-13, info@vgasu.ru. Warden of water supply and disposal, VSUACE

Цыганкова Ксения Васильевна
Tsygankova Kseniya Vasilevna

аспирант, ассистент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, Дальневосточный государственный технический университет им. В.В. Куйбышева, 8-924-3377779, 8(4232)223887, Tsygankova_K@mail.ru.

Post-graduate student, assistance of warm and gas feed and ventilation, Far Eastern National Technical University

Шарыгина Ирина Олеговна
Sharygina Irina Olegovna

начальник отдела региональных экологических проблем, ОАО "НИИ охраны атмосферного воздуха", 194021, Санкт-Петербург, ул. Карбышева, 7, orep2973031@gmail.com, irinaorep@mail.ru.

Chief of regional environmental issues department, JSC "Scientific Research Institute of atmospheric air preservation", 7, Kuibysheva St. Petersburg, Russia, 194021

Шубин Олег Владимирович
Shubin Oleg Vladimirovich

аспирант кафедры отопления, вентиляции, экологической и пожарной безопасности, ВолгГАСУ, (8442) 96-98-19, info@vgasu.ru.

Post-graduate student of heating, ventilation, ecological and fire security, VSUACE

Юшкова Наталия Геннадиевна
Yushkova Natalia Gennadiyevna

канд. архит., доц. кафедры архитектуры жилых и общественных зданий, ВолгГАСУ, 8-8442-969859, dontsovshkova@mail.ru.

Candidate of Science (Architecture), assistant professor of domestic and communal buildings architecture, VSUACE

Якименко Игорь Владимирович
Yakimenko Igor Vladimirovich

соискатель кафедры гидротехнических и земляных сооружений ВолгГАСУ, (8442) 96-98-87, info@vgasu.ru.

Degree-seeking student of hydraulic and earthwork structures, VSUACE

Примечание. С авторами статей — аспирантами, докторантами и сотрудниками ВолгГАСУ — можно связаться по e-mail: info@vgasu.ru (в теме письма указать наименование структурного подразделения, фамилию и инициалы адресата).

ОТ РЕДКОЛЛЕГИИ

«Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета» со второго полугодия 2007 г. временно выходит в одной серии «Строительство и архитектура», по 4 выпуска ежегодно.

Журнал включен в Перечень ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, утвержденный ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.

Библиографические сведения о публикациях в журнале и пристатейные списки литературы представлены в **Российском индексе научного цитирования (РИНЦ)** на сайте Научной электронной библиотеки www.elibrary.ru.

«Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия «Строительство и архитектура» входит в базу данных **Ulrich's Periodicals Directory** американского издательства Bowker, являющуюся самой крупной базой, описывающей мировой поток сериальных (периодических и продолжающихся) изданий. Активно используется научными учреждениями для анализа мирового потока сериальных изданий.

Серия включена в базу данных **DOAJ — Directory of Open Access Journals** (Директория журналов открытого доступа) научной библиотеки университета г. Лунд (Швеция), www.doaj.org, обеспечивающую открытый доступ к полнотекстовым материалам научных и академических журналов на различных языках, поддерживающих систему контроля качества публикуемых статей.

Требования к оформлению статей и сопроводительных материалов. Статью необходимо представить на электронном носителе и в распечатанном виде (2 экз.) в сопровождении заполненного автором *лицензионного договора* (2 экз.) и акта передачи произведения (2 экз.) (скачать бланки по адресу http://www.vgasu.ru/rus/publishing/rio_vestnik_prop.php), *анкеты* согласия автора на доступ к его персональным данным неограниченного круга лиц (скачать бланк там же), *выписки из протокола* заседания кафедры и одной *рецензии*. К статьям прилагается экспертное заключение о возможности опубликования в открытой печати. Все сопроводительные документы представляются на бумажных носителях в оригинале.

В *отдельном файле помещаются сведения об авторах* на русском и английском языках, а также кириллицей и латиницей в полном соответствии с данными в заполненном бланке *анкеты* (см. выше): фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, звание, должность, место работы; наименование и код научной специальности (по Номенклатуре), по которой автор проводит диссертационное исследование; почтовый адрес, телефон и адрес электронной почты.

В статье приводятся: *индекс УДК*; на русском и английском языках: *фамилия и инициалы автора, заглавие, аннотация* (на русском языке до 500 знаков, на английском — от 500 знаков до целой страницы), *ключевые слова*. Текст статьи завершается личной подписью автора (соавторов).

Объем статьи — от 3 до 7 с. установленного формата «Вестника» (см. ниже), включая название, аннотации, ключевые слова, текст, таблицы, рисунки, библиографический список. Последняя страница считается полной независимо от фактического заполнения.

Оригинал статьи должен быть набран с помощью пакета программ *Microsoft Office (Word 2003)*; шрифт *основного текста* — Times New Roman (Сур) № 11 (11 пунктов). Параметры страницы — поля, см: верхнее — 3,7; нижнее — 4,5; левое — 2,0; правое — 6,0; переплет — 0, поля зеркальные. Расстояние от края до

верхнего колонтитула, см — 3,0, от края до нижнего колонтитула — 3,7. Абзацный отступ равен 0,75 см. Межстрочный интервал одинарный. Автоматически устанавливаются переносы (не более 4 подряд в одном абзаце). Автоматически устанавливается запрет висячих строк.

Для набора формул используется редактор формул *Microsoft MathType 5*; по умолчанию устанавливаются размеры шрифта для одно- и двухстрочных формул: обычного — 11 пт, крупного и мелкого индекса — соответственно 8 и 6 пунктов, крупного и мелкого символа — соответственно 16 и 11 пунктов. Греческие и русские буквы набираются прямым шрифтом, латинские — курсивом. Если написание в формулах отличается от традиционного, автор должен сделать соответствующие пометки на полях распечатанной статьи, при этом греческие буквы обводятся красным карандашом, готические — синим. Формулы выключаются в левый край с абзацным отступом. Запись формулы выполняется автором с использованием всех возможных способов упрощения и не должна содержать промежуточные преобразования.

Векторные рисунки, сохраненные в формате WMF, *растровые* — в TIF или BMP; *графики и диаграммы*, построенные в *Microsoft Excel*, а также *рисунки*, созданные в *Corel Draw 12* или *AutoCAD 2006* и сохраненные в оригинальном формате, дополнительно помещаются на электронный носитель отдельными файлами. Имя файла должно соответствовать наименованию или номеру рисунка в тексте статьи. Кроме того, иллюстрации обязательно присылаются распечатанными на отдельных листах формата A4 в масштабе 1:1, в пригодном для сканирования виде. Размер шрифта текста в рисунках — 9-10 пт. Подписи к рисункам выполняются непосредственно в тексте статьи шрифтом Times № 10 (10 пт), экспликация в подрисуночной подписи — Times № 9 (9 пт). Для сжатия больших файлов использовать архиваторы *Arj* и *WinZip*, *WinRAR*.

Цветные и черно-белые фотографии присылать в оригинальном виде с подписями на обороте. Цифровые фотографии выполнять с разрешением не менее 300...600 dpi, присылать в электронном виде в любом графическом формате, кроме .jpg.

Текст таблиц набирается шрифтом Times New Roman (Сур) № 10 (10 пунктов).

Пристатейные библиографические списки размещаются после основного текста статьи.

В библиографическом списке приводится только цитируемая в статье литература. Источники группируются в списке в порядке упоминания в тексте. Ссылки на источники приводятся в тексте в квадратных скобках (запрещается использовать ссылки-сноски для указания источников). В библиографическую запись включаются только основные элементы библиографического описания (ГОСТ 7.0.5–2008). Разделительные знаки «тире» между областями опускаются. Шрифт Times New Roman (Сур) № 9 (9 пунктов). Язык библиографических записей соответствует языку описываемых источников.

Библиографический список приводится дважды. Во втором варианте все русскоязычные библиографические записи приводятся на латинице, записи на других языках просто повторяются.

Авторы статей несут всю полноту ответственности за содержание статей и за сам факт их публикации. Редакция журнала не несет никакой ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, нанесенный публикацией статьи. Редакция исходит из того, что, в соответствии с законодательством в части авторского права, автор, направляя статью в редакцию, полностью соглашается с условиями редакции и, следовательно, только сам лично несет ответственность за использование в тексте статьи материалов третьих лиц и соблюдение их авторских прав. Все права автора и вся полнота его ответственности сохраняются и после публикации статьи в журнале.

Порядок рецензирования. Статьи обсуждаются редколлегией, рецензии, поступившие в сопроводительных материалах, учитываются. Статьи могут быть направлены редакцией на дополнительную внутреннюю или внешнюю экспертизу (рецензирование) и опубликованы только при положительном заключении. Имена авторов и рецензентов друг другу не сообщаются. Копия заключения предоставляется автору.

Статьи, не отвечающие изложенным требованиям, редколлегией не принимаются. Материалы, не принятые к опубликованию, авторам не высылаются.

Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения текста. Корректур статей авторам не предоставляется. Согласование редакционных и авторских изменений текста статьи (переписка, тел. переговоры) производится за счет автора.

Гонорар за опубликование статьи не выплачивается, плата за публикацию статей с аспирантов не взимается.

КОМПЛЕКТОВАНИЕ ОЧЕРЕДНОГО НОМЕРА ЗАВЕРШАЕТСЯ ЗА 3 МЕСЯЦА ДО ПЛАНИРУЕМОГО ВЫХОДА В СВЕТ.

Примерный график выпуска серии «Строительство и архитектура» — март (прием статей до 1 декабря); июнь (прием статей до 1 марта); сентябрь (прием статей до 1 июня); декабрь (прием статей до 1 сентября).

ISSN 1815-4360. Серия «Строительство и архитектура»

Тематические рубрики

Строительные конструкции, здания и сооружения. Основания, фундаменты, подземные сооружения. Строительная механика. Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение. Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов. Строительные

материалы и изделия. Гидротехническое строительство. Гидравлика и инженерная гидрология. Технология и организация строительства. Инновации в строительном производстве, интенсификация, энергосбережение и энергоэффективность. Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия. Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности. Градостроительство. Теория развития города. Управление инвестиционно-градостроительной деятельностью. Экологические проблемы градостроительства. Информационные технологии в строительстве и архитектуре. Научно-методический раздел. Организация высшего образования в области строительства и архитектуры. Методика преподавания дисциплин строительного и архитектурного направлений в вузе. Хроника.

Подробная информация о журнале представлена на сайте ВолгГАСУ www.vgasu.ru, в разделе *Издательская деятельность / Научные журналы / Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета* (сразу после подписания выпуска в печать на сайте публикуются титул и содержание; через месяц со дня выхода очередного номера из печати на сайте размещается его полнотекстовый файл).

Статьи направлять по адресу: 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, ком. Б-314а. Редакция «Вестника ВолгГАСУ». Тел. (8-442)-96-98-46. E-mail: info@vgasu.ru (для В.И. Воробьева).

Уточнить условия публикации статей и приобретения очередного номера журнала можно по тел. (8-442)-96-98-46 у ответственного секретаря редсовета журнала **Владимира Ивановича Воробьева**.

За консультацией по вопросам подготовки авторского оригинала статьи к печати обращаться по адресу: 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, ком. В-210, редакционно-издательский отдел ВолгГАСУ. Тел. (8-442)-96-98-28. E-mail: gorachevae@mail.ru.

Научное издание

**ВЕСТНИК
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

Научно-теоретический и производственно-практический журнал

Серия: Строительство и архитектура

2010. Вып. 20 (39)

Редактор *О.Е. Горячева*

Корректоры *М.Л. Песчаная, О.В. Горячева*

Перевод на английский язык *Н.И. Копина*

Компьютерная правка и верстка *О.Е. Горячева, О.В. Горячева, А.Г. Чурзина*

Компьютерный дизайн обложки *О.Ю. Мелешин*

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

Подписано в печать 23.11.10. Формат 70 × 108/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.

Уч.-изд. л. 15,8. Усл. печ. л. 18,4. Тираж 500 экз. Заказ № 4724 от 06.12.2010 г.

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